EDITURA ŞTIINŢIFICĂ

ISAAC NEWTON, REPRODUCERE DUPĂ PORTRETUL LUI KNELLER

(DIN COLECȚIA DUCELUI DE PORTSMOUTH).

S. I. VAVILOV

1643 — 1727

Ediția a II-a revăzută și completată

Prefața de acad. E. BĂDĂRĂU

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ
București — 1962

În românește de I. PECHEA

Îngrijirea științifică
Prof. univ. J. AUSLÄNDER

С. И. ВАВИЛОВ
ИСААК НЬЮТОН
Издательство Академии Наук СССР
Москва 1961

PREFAȚĂ

În fața noastră se găsește o nouă ediție a cărții *Isaac Newton*, scrisă de S.I. Vavilov, a cărei apariție este așteptată cu mult interes de marea masă de cititori, care manifestă o vie dorință de a cunoaște cît mai complet viața și creația marilor genii ale omenirii.

Deși de la elaborarea măreței opere newtoniene au trecut mai bine de două secole și jumătate, timp în care știința și în special fizica și matematica s-au aflat într-o furtunoasă dezvoltare, impunîndu-i-se direcții principial noi, creația geniului lui Newton a rămas la fel de actuală, înscriind în patrimoniul științei și culturii universale o operă eternă.

Cele trei părți fundamentale ale creației științifice a lui I.Newton — *Optica*, *Principiile matematice asupra filozofiei naturii* și metoda matematică a infiniților mici *Metoda fluxiunilor* — reprezintă realizările uimitoare ale unui mare geniu, care stau la baza concepției „clasice", valabile pentru o mare și importantă clasă de fenomene.

Lucrarea de față a academicianului S.I.Vavilov nu este o simplă înșirare cronologică a faptelor din viața lui Newton și a operelor lui, ci în ea autorul prezintă și o privire istorică asupra cercetărilor acestui mare geniu, arătînd starea sectorului științific respectiv pînă la abordarea lui de către Newton și apoi contribuția personală, de o însemnătate epocală, a acestui uriaș al științei.

Imensul rol revoluționar în știință și cultură al operei create de Newton, actualitatea și valoarea ei excepțională pentru posteritate, nu ca relicvă istorică, ci ca bază de cunoaștere științifică a realității, sînt înțelese profund și expuse cu o deosebită erudiție de către S.I.Vavilov, un savant cu renume mondial în domeniul fizicii, un mare cunoscător al istoriei și filozofiei științei, om de stat eminent, aprig luptător pentru pace și progres.

Vasta și multilaterala activitate științifică și socială a lui S.I. Vavilov este caracterizată prin cercetări fundamentale efectuate într-o serie de capitole speciale ale fizicii, cum sînt luminescența, optica fizică, optotehnica, radiotehnica, optica fiziologică, razele X, și fizica nucleară, îmbinate cu studii privind probleme de chimie, de economie națională și de tehnică. Deosebita activitate creatoare privind problemele filozofice ale științei, domeniu în care a scris remarcabilele lucrări *Fizica modernă și materialismul dialectic, Lenin și fizica modernă, Lenin și problemele fizicii moderne* etc., spiritul de excepțional organizator dovedit în posturi de conducere de mare răspundere ca director al Institutului de optică din Leningrad, și al Institutului de fizică și matematică din Leningrad și în mod deosebit în calitate de președinte al Academiei de Științe a U.R.S.S., îl ilustrează pe Vavilov ca pe o personalitate cu un excepțional prestigiu științific și filozofic, ca pe un savant neizolat în sfera sterilă a cercetărilor rupte de viață și realitate, ca pe un mare om de știință, luptător dîrz pentru o concepție materialist-dialectică în știință, pentru legătura permanentă a științei cu practica, pentru triumful a tot ce este nou și progresist în știință și viață.

Studii de o excepțională valoare teoretică și practică au fost efectuate de către Vavilov în domeniul luminescenței, punînd bazele așa-numitei analize luminescente, analiză ce a devenit indispensabilă în multe sectoare ale industriei și a elaborat baza științifică a unor noi izvoare de lumină (tuburile fluorescente).

Un ciclu de cercetări efectuate de Vavilov, de mare importanță teoretică, îl formează observațiile vizuale

ale fluctuațiilor cuantice ale luminii, cercetări bazate pe o idee complet nouă. Și în acest domeniu, ca și în multe alte domenii ale fotoluminescenței, Vavilov este un deschizător de drumuri.

În anul 1946, grație lui Vavilov, prof. F.N. Cerenkov, I.E. Tamm și I.M.Frank au putut interpreta just fenomenul nou, descoperit de către Cerenkov, de o mare importanță principială, și anume un nou tip de radiație provocată în lichide de electronii ce se mișcă în ele cu o viteză mai mare decît viteza de fază a luminii în acele lichide.

Teoria radiației observate a fost elaborată de Cerenkov, Tamm și Frank, care au demonstrat că această radiație se datorește electronilor ce se mișcă în lichide cu viteza constantă mai mare decît viteza de fază a luminii vizibile în același mediu.

Descoperirea și stabilirea naturii acestei radiații, care putea fi confundată cu fenomenul de luminescență, au fost posibile numai grație cunoștințelor profunde ale lui S. I. Vavilov în domeniul luminescenței.

Eminentul savant Vavilov a cercetat și a pătruns în profunzimea ei opera newtoniană, expunînd în cartea de față, cu un deosebit talent, întreaga viață și operă a marelui geniu Newton; interpretînd-o în cadrul ansamblului vieții științifice și sociale ale epocii respective, îi demonstrează actualitatea și valabilitatea continuă pentru omenire.

Vavilov, cu o excepțională clarviziune, a sesizat în complexa creație a lui Newton, preocupările lui fundamentale, reliefînd latura de fizician și filozof drept caracteristica de bază a personalității lui Newton.

Pentru rezolvarea problemelor de fizică, Newton a făcut studii astronomice, extinzînd la infinit sfera laboratorului experimental și, tot în același scop, a creat în mod genial instrumentul matematic al seriilor infinite.

Vavilov înțelege în această orientare, în care totul pleca de la o genială observare și pătrundere a fenomenelor naturii, forța uimitoare și valoarea operei lui Newton.

O intensă perioadă de creație științifică a lui Newton începe în jurul anului 1669, fiind dedicată în primul rînd multor experiențe hotărîtoare din domeniul opticii, experiențe care l-au condus la celebrele idei asupra luminii. Urmează experiențele pentru descompunerea luminii albe în culorile ei și explicația simplă dar genială a acestui fenomen; apoi construcția telescopului-reflector, ocolind în acest fel aberația cromatică, telescop ce a adus gloria constructorului.

Vavilov expune în mod magistral situația opticii, reliefînd interpretarea naturii luminii care a existat înainte de Newton și făcînd în felul acesta posibilă înțelegerea imensei contribuții aduse de acesta. Totodată Vavilov spulberă categoric, pe baza analizei profunde a lucrării lui Newton—*Optica*, afirmația mai multor fizicieni după care Newton ar fi autorul principal al teoriei emisiunii corpusculare a luminii. Newton arată pur și simplu că teoria ondulatorie pură nu poate fi acceptată în întregime și formulează o teorie de compromis între cele două teorii.

Expunerea scurtă, foarte clară, a situației teoriilor de astăzi asupra naturii luminii, făcută de Vavilov în legătură cu ideile lui Newton, ne face să admirăm vasta și geniala perspicacitate a lui Newton care, cu două veacuri și jumătate în urmă, a avut intuiția dublului aspect al naturii luminii.

Treptat, Newton trece de la problemele de optică la cele de mecanică. Încă din anul 1666 el se preocupă, precum se vede din notele sale, de gravitate. De altfel, cum arată Vavilov, în epoca aceea era foarte răspîndit studiul simultan asupra opticii și gravitației. Dar un studiu profund asupra acestei probleme și în general asupra mecanicii a fost început mai tîrziu, în perioada 1680—1687, cînd au fost scrise și publicate *Principiile matematice asupra filozofiei naturii* ale lui Newton.

În aceste principii el dă o dovadă matematică a teoriei heliocentrice a lui Copernic în forma propusă de Kepler, explicînd toate mișcările sistemului nostru planetar pe baza forței de gravitate heliocentrice, invers proporțională cu pătratul distanței. Această

lege a gravitației universale apare ca o consecință a aplicării principiilor mecanice la mișcarea planetelor.

Vavilov relevă în cartea sa *Isaac Newton*, cu autoritatea unui mare om de știință, toată importanța istorică a acestor principii, arată cum știința a fost antrenată pe un drum nou și cum, datorită lui Newton, în toate domeniile fizicii a luat naștere fizica numită „clasică".

Fizica pusă pe aceste baze noi s-a dezvoltat cu deosebit succes pînă aproape de zilele noastre, luînd ființă teoriile sunetului, ale căldurii etc. și creîndu-se, în consecință, multe științe aplicate, care la rîndul lor au dat naștere la considerabila dezvoltare a tehnicii de astăzi.

Cu toate că noile descoperiri din domeniul fizicii făcute de la începutul secolului nostru au dat naștere la teorii noi în fizică, care au dovedit insuficiența *Principiilor* lui Newton, totuși acestea nu și-au pierdut însemnătatea, rămînînd valabile pentru un mare număr de fenomene.

Cartea lui Vavilov prezintă un deosebit interes tocmai prin faptul că relevă pe larg și cu totul plastic marele rol jucat de principiile lui Newton în știința modernă.

În ultimele părți ale biografiei, autorul ei se ocupă de predilecția lui Newton pentru chimie, relevînd faptul că el era preocupat de ideea transmutației elementelor, arătînd o deosebită perspicacitate în ceea ce privește structura materiei, ideile geniale ale lui Newton influențînd teoriile chimice pînă în timpurile noastre.

Oricine poartă interes culturii omenirii și istoriei dezvoltării gîndirii științifice va citi cu mare interes și va folosi această minunată carte a lui S.I. Vavilov.

Acad. EUGEN BĂDĂRĂU

COPILĂRIA ȘI ADOLESCENȚA LUI ISAAC NEWTON 1643—1661

Newton s-a născut în anul izbucnirii marelui război civil în Anglia, a fost martorul executării lui Carol I, al domniei lui Cromwell, al restaurării Stuarților, al așa-numitei „glorioase revoluții, fără vărsare de sînge" din 1688 și a murit în vîrstă de 85 de ani, cînd regimul constituțional era consolidat; el a fost contemporanul lui Petru I și al lui Ludovic al XIV-lea. Dar furtunile politice n-au lăsat, pare-se, urme adînci asupra vieții lui Newton. El a rămas, cel puțin în aparență, un „filozof" apolitic, în acel sens larg în care cuvîntul era folosit în vechime.

Viața lui Newton a decurs liniștită, pașnică și monotonă; el a murit necăsătorit, niciodată n-a trecut frontierele Angliei, iar călătoriile lui s-au mărginit la micile distanțe între Grantham, Cambridge și Londra (circa 200 km). Newton s-a bucurat de o sănătate robustă, niciodată nu a avut prieteni apropiați, de o vîrstă cu el; biografia sa în accepția obișnuită se reduce la o enumerare a slujbelor și la o duzină de anecdote. Toate acestea reprezintă numai pojghița exterioară a adevăratei activități a lui Newton, care l-a absorbit integral, cel puțin în prima jumătate a vieții. Rezultatul acestei activități au fost: *Optica*, *Principiile matematice ale filozofiei naturale* și *Metoda fluxiunilor*.

Cu toată amploarea extraordinară a preocupărilor sale științifice, Newton n-a fost un geniu universal, ca Leonardo da Vinci, sau un „polihistor"[1], ca Leibniz. Gîndirea și activitatea lui s-au concentrat asupra „filozofiei naturale" sau a fizicii, matematica și astronomia servindu-i, în ultimă analiză, numai ca metodă și material pentru rezolvarea problemelor de bază ale fizicii. Preocupările teologice și istorice ale lui Newton pot fi considerate doar ca un tribut inevitabil pe care l-a plătit epocii, ca și mulți dintre contemporanii lui, deși el însuși era uneori înclinat să considere preocupările sale în domeniul teologiei și religiei drept activitatea lui principală. În măsura în care putem judeca astăzi, „producția" teologică a lui Newton nu se deosebea mult de ceea ce făceau alții și era lipsită de amprenta puternicei personalități, atît de caracteristică teoriilor sale științifice.

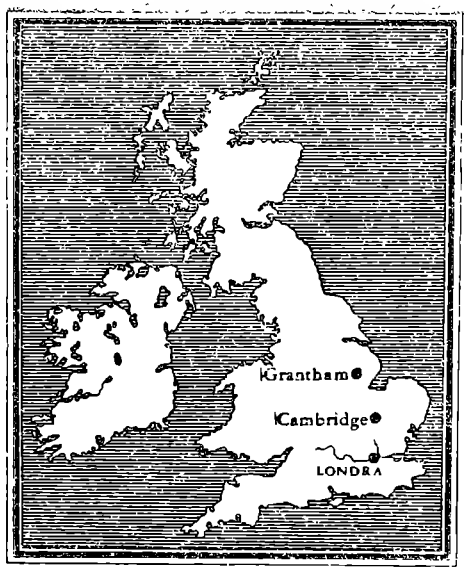
Uniformitatea tihnită a vieții pe care a dus-o, concentrarea gîndirii și a activității au constituit factori favorabili care explică întrucîtva proporțiile și măreția uimitoare a operei lui Newton, dar calitatea moștenirii științifice pe care a lăsat-o este un secret al geniului său, pe care nu l-a înțeles nici el. Nouă nu ne rămîne decît să ne minunăm în fața lui.

Newton s-a născut în satul Woolsthorpe, situat la 10 km sud de orășelul Grantham, în apropierea țărmului răsăritean al Angliei.

Despre originea familiei Newton din Woolsthorpe există foarte puține informații. Pînă la dobîndirea titlului de noblețe, Newton se interesa, pare-se, foarte puțin de strămoșii lui. Cum se întîmplă adeseori, familia își amintea, dintre strămoși, numai de bunici. Este adevărat că după ce a devenit „sir Isaac", Newton a prezentat Camerei heraldice un tablou genealogic oficial, cuprinzînd pe toți ascendenții săi pînă la tatăl stră-străbunicului, John Newton din Westbay,

[1] Polihistor — cunoscător al tuturor științelor.

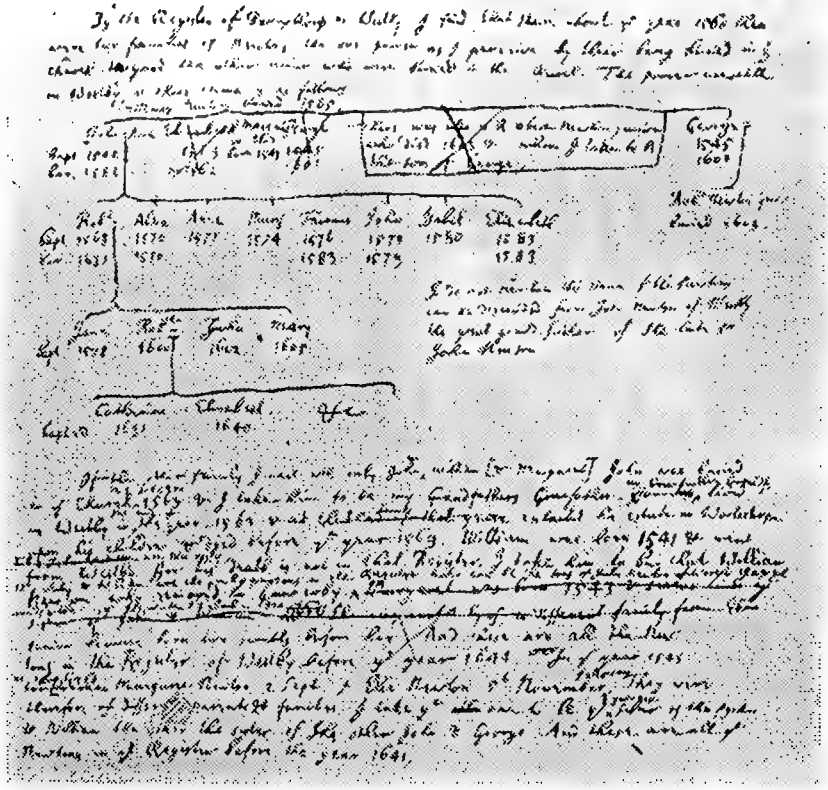
comitatul Lincoln. Despre poziția socială a acestui John Newton nu există date precise. Mai tîrziu, aproape înainte de moarte, Newton a povestit matematicianului Gregory, într-o conversație particulară, că străbunicul lui a fost un nobil scoțian care s-a mutat sub domnia regelui Iacob I în Anglia, unde și-a pierdut averea. Pe ce este bazată această asertiune, nu se știe; pentru lămurirea chestiunii Newton s-a adresat cu o scrisoare către reprezentantul nobilei familii scoțiene Newton of Newton, dar n-a primit nici un răspuns. Tatăl lui, care se numea tot Isaac Newton, s-a căsătorit cu cîteva luni înaintea morții cu Anna Ayscough. Astfel, Newton nu l-a cunoscut. Se știe numai că tatăl său a murit în vîrstă de 37 de ani, și, după informațiile provenite de la Barnabas Smith, tatăl vitreg al lui Newton, el a fost „un om sălbatic, ciudat și slab". Mama lui Newton, originară dintr-o familie respectabilă din regiune, probabil tot de fermieri, este, dimpotrivă, caracterizată ca „o femeie cu calități și o bunătate excepționale". La atît se reduc toate informațiile despre ea.



Orașele din Anglia, unde a locuit Newton.

Newton s-a născut la 25 decembrie (stil vechi) 1642, în împrejurări foarte grele, care au urmat morții tatălui său. Nașterea fusese prematură și copilul era atît de slab și mic, încît nimeni nu credea că va trăi. În ciuda tuturor acestor auspicii, Newton a trăit 85 de ani, bucurîndu-se de o sănătate desăvîrșită.

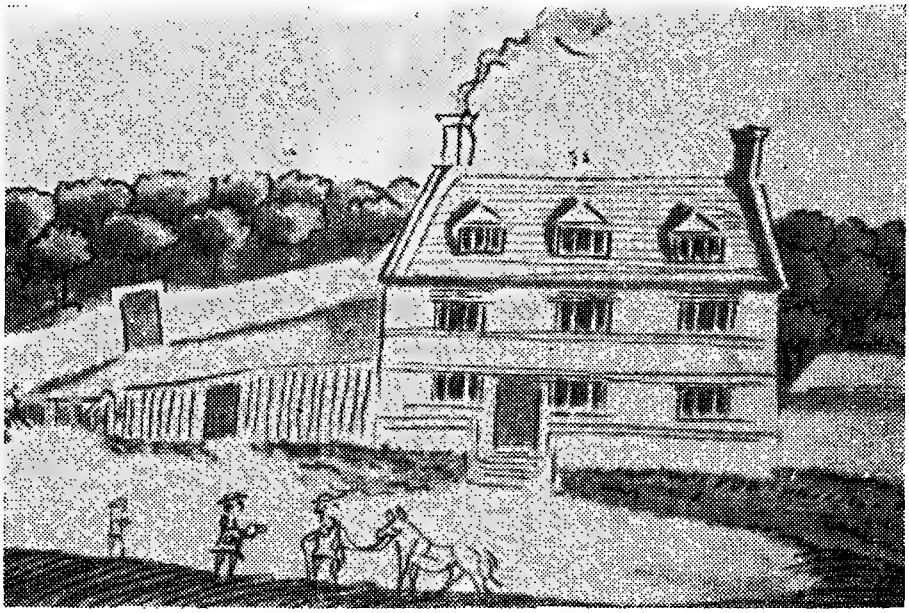
Mica fermă unde s-a născut a rămas aproape 100 de ani proprietatea familiei Newton și, după moartea lui, în 1732, a trecut în posesia altora.



Ciorna genealogiei întocmită de Newton (în 1705).

Căsuța țărănească din piatră cenușie în care s-a produs evenimentul istoric al nașterii lui Newton s-a păstrat, cu mici modificări, pînă în zilele noastre.

După trei ani de la nașterea fiului, mama lui Newton s-a căsătorit a doua oară, cu preotul Barnabas Smith, și micul Isaac a rămas singur la Woolsthorpe, la bunica sa. Aici, în școala din satul învecinat, el a învățat să citească, să scrie și să numere. Rudele lui nu s-au mulțumit, din fericire, cu aceasta și, la vîrsta de 12 ani, Isaac a fost trimis la Grantham, la școala regală, fiind găzduit la farmacistul Clark. Această grijă pentru instruirea copilului arată că rudele sale nu erau absorbite în întregime numai de preocupări rurale. Printre rudele și apropiații lui Newton se aflau preoți, fermieri, familia medicului, farmacistul. Era firesc ca, într-un asemenea mediu, copilul să fie îndrumat spre cariera preoțească sau spre medicină.



Casa din Woolsthorpe, unde s-a născut Newton. După un desen al lui Stukeley de la începutul secolului al XVIII-lea.

O altă alternativă nu putea fi decît rămînerea la fermă. Șovăielile între aceste căi, pare-se, n-au durat mult. În 1656, mama lui Newton rămăsese văduvă și s-a înapoiat la Woolsthorpe cu trei copii — fratele și surorile lui Isaac. Băiatul avea 15 ani; el putea fi un ajutor în gospodărie și mama l-a adus în 1658 de la Grantham înapoi la Woolsthorpe. El a rămas la țară doi ani, un timp destul de îndelungat pentru un adolescent. În afară de cîteva anecdote, se știe foarte puțin despre această perioadă importantă din viața lui Newton, cînd s-au format caracterul și înclinațiile lui. În orice caz, în toamna anului 1660, Newton revine la școala din Grantham, unde se pregătește pentru a intra la Universitatea din Cambridge. La 5 iunie 1661, el este admis la Trinity-College din Cambridge.

În relatările despre perioada școlară a vieții lui Newton, apărute după moartea sa, este greu să se deosebească faptele reale de legende. În ele se reflectă clar dorința firească de a scoate în evidență acele trăsături ale lui care s-au manifestat cu toată puterea mai tîrziu. Școala din Grantham, unde Newton a

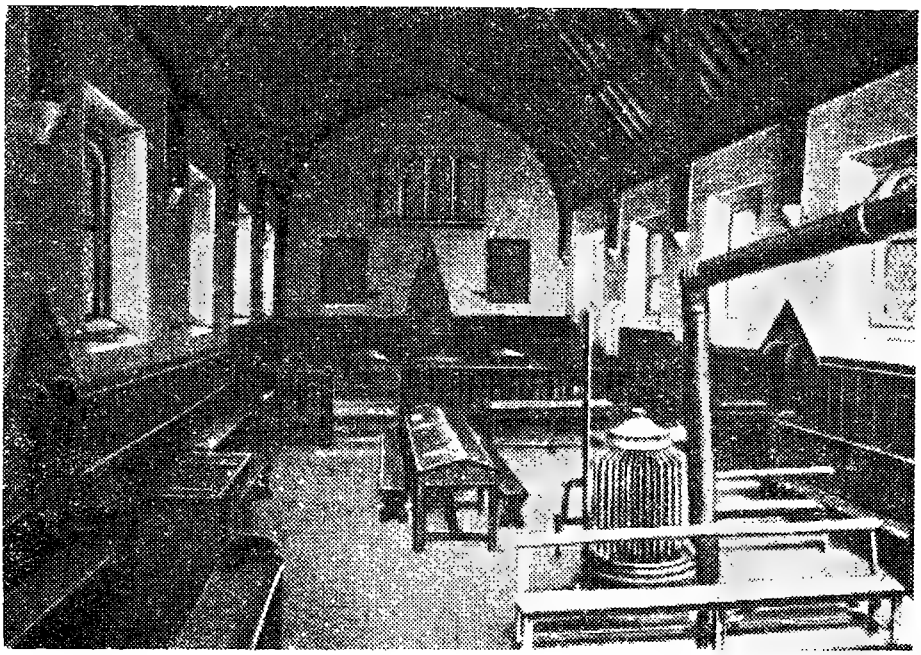
Casa din Woolsthorpe, unde s-a născut Newton. Aspectul actual.

petrecut aproape 5 ani, a avut, probabil, o mare influență asupra formării caracterului său, contribuind la însușirea matematicii, limbii latine și a teologiei, necesare pentru studiile universitare.

Școala din Grantham era condusă pe atunci de Henry Stokes, cunoscut în regiune ca un eminent profesor. Se povestește că Stokes aprecia foarte mult aptitudinile și sîrguința tînărului Newton și, la absolvirea școlii, a rostit, cu lacrimi în ochi, un discurs în care i-a elogiat talentele și caracterul. Clădirea școlii de la Grantham s-a păstrat pînă în zilele noastre.

La universitate, Newton s-a prezentat mult mai bine pregătit decît colegii lui.

După unele informații reîntoarcerea lui Isaac la Grantham, în 1660, ar fi fost determinată de următoarea împrejurare. Într-o zi, unchiul lui Newton, eruditul preot Ayscough, care-și făcuse de asemenea studiile la Trinity-College din Cambridge, l-a surprins șezînd lîngă gard, cufundat în rezolvarea unei probleme de matematică. Unchiul a reușit s-o convingă pe mama lui Newton să nu se pună de-a curmezișul



Interiorul școlii din Grantham. Aspectul actual.

dorințelor fiului ei. Mai verosimilă pare a fi, totuși, versiunea că inițiativa trimiterii lui Newton la universitate îi aparține lui Stokes. După Stukeley, care a adunat datele cele mai prețioase și mai complete despre anii copilăriei lui Newton, Stokes a fost acela care a convins-o pe mama lui să-l readucă la școală și să-i satisfacă dorința de învățătură.

Se mai povestește că băiatul avea pasiunea de a construi jucării mecanice complicate, modele de mori de apă, ceasornice de apă și de soare. Un mic cadran solar decupat din peretele casei de la Woolsthorpe, ce-i drept nu prea îngrijit și precis, se păstrează din 1844 la *Societatea regală*. Copilului îi plăcea să confecționeze zmeie, pe care, uneori, le înălța noaptea, agățîndu-le felinare de hîrtie colorată și răspîndind cu această ocazie, în glumă, zvonuri despre o nouă cometă. Soțul nepoatei lui Newton, Condwitt, povestește că acesta considera drept prima sa experiență de fizică aceea pe care a făcut-o în anul morții lui Cromwell (1658), și anume: dorind să determine puterea vîntului în timpul furtunii, el a măsurat lungimea

săriturii sale proprii în direcția vîntului și în sens contrar.

Aceste relatări ne permit să întrezărim pe viitorul experimentator iscusit, pe amatorul experiențelor subtile, corecte și frumoase, pe excelentul șlefuitor de oglinzi, prisme și lentile, care îi întrecea pe cei mai buni meșteri londonezi. Interesul pentru chimie și alchimie, cărora Newton le-a consacrat mai tîrziu foarte mult timp, s-a născut, probabil, pe vremea cînd locuia la farmacistul Clark. De la farmacia secolului al XVII-lea pînă la laboratorul de alchimie nu era o mare distanță.

Originea sentimentelor religioase și a lucrărilor teologice ale lui Newton trebuie căutată, în primul rînd, în curentele de idei din Anglia secolului al XVII-lea[1], precum și în faptul că tatăl lui vitreg, Smith, și unchiul Ayscough, care au exercitat fără îndoială o mare influență asupra băiatului, erau preoți.

D.E. Smith a publicat recent (în 1927) fragmente dintr-un caiet al lui Newton cu însemnări din perioada 1655—1662, care cuprinde anii de școală de la Grantham și prima perioadă universitară. În însemnările privind perioada de la Grantham găsim reguli destul de amănunțite despre desenul în peniță și în culori care indică izvorul excelentelor cunoștințe practice ale lui Newton despre culori, cunoștințe constatate ulterior în cercetările sale de optică. Apoi, întîlnim unele rețete medicale, probabil întîmplătoare, expediente chimice și un dicționar ciudat, în care cuvintele sînt grupate în 16 rubrici, ca de exemplu: artele, meșteșugurile și științele, păsările, țesăturile, bolile, ierburile și pomii, omul, manifestările și sentimentele lui etc. Dicționarul cuprinde 42 de pagini de caiet. Aceste însemnări din copilărie confirmă informațiile despre marele interes manifestat de tînărul Newton pentru meșteșug, pentru munca manuală și, totodată, despre spiritul lui sistematic și ordonat. De altfel,

[1] Numele de origine biblică al lui Newton și al tatălui său reflectă și ele, incontestabil, puternicele sentimente religioase care dominau în acea epocă.

după cum s-a descoperit recent, aceste însemnări au fost copiate cu exactitate de Newton din cartea lui Bate *Misterele naturii și ale artei*[1].

Mai multe mărturii confirmă că Newton avea talent la desen. Pe pereții camerei sale din casa farmacistului erau atîrnate desene, portrete ale conducătorilor școlii de la Grantham, chipul regelui Carol I (acest tablou din camera lui Newton ne permite să ne facem o idee despre sentimentele sale politice regaliste în epoca lui Cromwell). Sub chipul regelui se aflau versuri, pe care vechii biografi le atribuiau lui Newton însuși. S-a dovedit însă, recent, că ele au fost copiate după o ediție tipărită a lui *Eikon Basilikė*[2].

Perioadei de la Grantham îi aparține singura, după cît se pare, idilă din viața lui Newton. În casa farmacistului Clark el s-a împrietenit cu mica miss Storey, pe care o creștea farmacistul. Mai tîrziu, prietenia, după presupunerile biografilor, s-a transformat în dragoste și s-a pus la cale căsătoria lor. Ulterior însă, cînd Newton s-a hotărît definitiv pentru cariera universitară, el a renunțat la intenția de a se căsători. După tradiția medievală, membrii colegiului trebuiau să rămînă celibatari. Mistress Vincent (fostă miss Storey) își amintea la bătrînețe că Newton era un tînăr tăcut, gînditor și serios, care participa fără plăcere la jocurile tovarășilor săi. El prefera să rămînă acasă, chiar în societatea fetelor, cărora le făcea adeseori mesuțe, dulăpioare și alte jucării. Îi plăcea de asemenea, după spusele ei, să culeagă ierburi de leac.

Pînă la sfîrșitul vieții, Newton a întreținut raporturi de prietenie cu tovarășa jocurilor sale din copilărie, a ajutat-o și a vizitat-o ori de cîte ori venea prin locurile natale. Fosta miss Storey a murit în vîrstă de 82 de ani, supraviețuindu-i. Casa farmacistului din Grantham era astfel, în multe privințe, plăcută lui Newton.

[1] E. N. da C. Andrade, *Nature* 1935, 135, 360.
[2] *Idem*, *Newton's verses*, Proc. Phys. Soc. London, 1943 55, 426.

Se spune că în cursul deselor sale drumuri la bîlciul din Grantham, tînărul fermier uita de însărcinările gospodărești care i se dădeau, lăsa calul în paza bătrînului servitor care îl însoțea și petrecea ore în șir la familia Clark.

O dată cu mutarea la Cambridge intervine o schimbare radicală în viața lui. Interesele familiei, ale gospodăriei, cunoștințele și prietenii, toate sînt uitate în atmosfera austeră de la Trinity-College.

TRINITY-COLLEGE
1661—1669

Cumularea funcțiilor didactice și științifice este caracteristică pentru universități. Tinerelor generații li se predă de la catedră moștenirea vechii științe, dar de la aceeași catedră, această veche știință este adesea nimicită fără cruțare și se crecază știința nouă, elevul devine critic sau, la rîndul lui, profesor. Studentul este presupus într-o mare măsură independent, „autodidact" și, în ultimă analiză, este greu de spus dacă universitățile sînt acelea care i-au creat pe Newtoni și Lomonosovi sau viceversa. Întîlnirea vechiului cu noul, a științei cu învățămîntul este acea trăsătură remarcabilă a universităților, care determină vitalitatea lor organică. Acordarea unei largi inițiative studențului este caracteristică în special universităților engleze și mai ales Universității de la Cambridge, cea mai celebră dintre ele. Pentru a aprecia rolul universității în dezvoltarea unei personalități atît de excepționale ca aceea a lui Newton, sînt esențiale nu atît nivelul la care se afla știința, cît, poate, condițiile de izolare în care trăia, contactul cu savanții și un anumit cadru de viață.

Războiul civil îndelungat a lăsat urme grele asupra universităților engleze, inclusiv asupra celei de la Cambridge și îndeosebi asupra lui Trinity-College, înființat în 1546. Colegiul a pierdut mulți dintre membrii săi (*fellow*) cei mai eminenți, veniturile i-au scă-

zut, vechile reguli și tradiții au fost răsturnate, fără să fi fost înlocuite cu altele noi, iar pietatea puritană și-a pus pecetea asupra activității lui didactice și științifice. Suflul proaspăt al Renașterii în noile cercetări științifice, știința lui Galileu, Kepler și Descartes nu pătrunseseră încă în măsură suficientă dincolo de Canalul Mînecii. Cu toată influența lui Francis Bacon, la Cambridge continuau să domnească teologia și scolastica medievală.

În anul nașterii lui Newton a apărut traducerea engleză a tratatului aparținînd savantului de la Cambridge, Joseph Mede, *Cheia Apocalipsului*, în care se trata despre legătura dintre revelația divină și istoria reală. În această carte se pot ușor descifra contururile viitoarelor *Comentarii la Apocalips* ale lui Newton. Teoriile mistice ale lui Iacob Böhme, disputele dintre biserica anglicană și cea catolică, exercițiile filologice însoțite de încercări de a reduce totul la limba ebraică, pe care, după cum se credea atunci, o vorbeau Adam și Eva — iată unele teme ale „creației" științifice de la Cambridge în perioada prenewtoniană. Influența pe care această atmosferă teologică a exercitat-o asupra lui Newton pînă la sfîrșitul vieții lui, este incontestabilă.

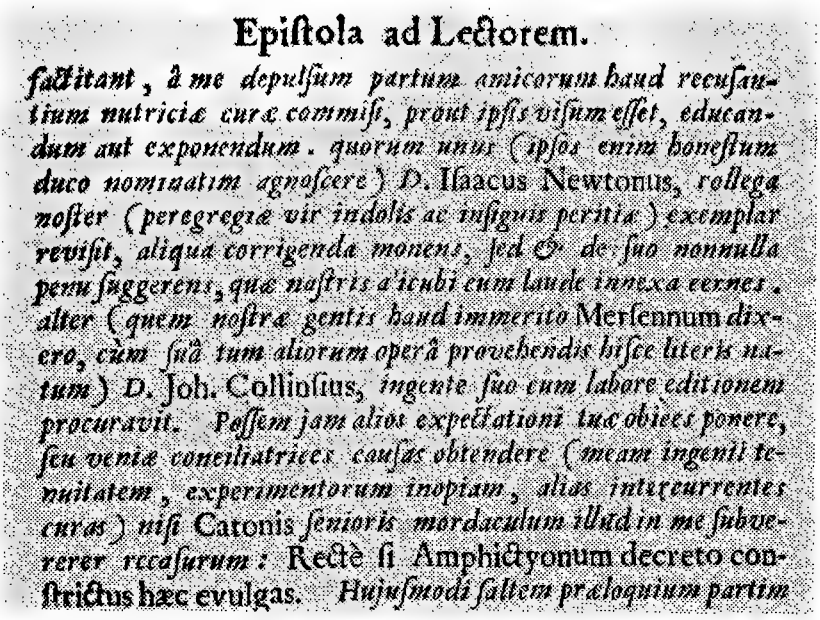
Drumul la Cambridge fusese, pare-se, de mult bătătorit de rudele și prietenii apropiați ai tînărului fermier de la Woolsthorpe. Acolo studiase unchiul său, preotul James Ayscough; Babington, membru senior (*senior fellow*) al lui Trinity-College, care avea strînse legături cu Clark, farmacistul de la Grantham; de asemenea au mai existat și alte legături familiare.

La 5 iunie 1661, Newton a fost admis la Trinity-College în calitate de *subsizer* (așa se numeau studenții săraci care, pentru a-și cîștiga existența, îndeplineau la colegiu funcția de servitori; îi serveau pe bacalaureați, magistri și alții). Din însemnările lui Newton se poate deduce că primii ani la Cambridge au decurs în mod obișnuit. Timp de doi ani a studiat aritmetica, geometria după Euclid, trigonometria, teologia și limbile vechi, îndeosebi latina și, într-o măsură mai mică, elina și ebraica. Din carnetul de

însemnări menționat în capitolul precedent, reiese că în acea vreme el făcuse cunoștință cu sistemul lui Copernic. Începînd din 1663, Newton dovedește un deosebit interes pentru optică. În optică, el și-a putut aplica iscusința de experimentator, priceperea de a construi aparate, dragostea pentru meșteșug. Teoria luminii a fost domeniul în care se cerea abstracția matematică și experimentarea; aici Newton a putut să-și desfășoare, în toată plenitudinea, aptitudinile sale.

Singurul profesor al lui Newton care a exercitat efectiv o mare influență asupra lui a fost Isaac Barrow, primul profesor care a ocupat catedra Lucas. La această catedră, înființată la Trinity-College, în 1663, de către un oarecare Henry Lucas, conform statutului, era obligatoriu să se predea o dată pe săptămînă o lecție de geometrie, aritmetică, astronomie, geografie, statică sau alte discipline matematice; în afară de aceasta, patru ore pe săptămînă erau consacrate discuțiilor cu studenții asupra cursului predat în săptămîna respectivă. Primul titular al acestei catedre a fost, după cum am spus, Barrow, iar al doilea — Newton. Catedra, care s-a păstrat pînă în timpurile noastre, a devenit, bineînțeles, celebră și ocuparea ei însemna o mare onoare. Actualmente o deține P. Dirac, unul dintre întemeietorii mecanicii moderne a cuantelor.

Isaac Barrow (1630—1677), tînăr profesor pe vremea studenției lui Newton, a devenit, probabil mai tîrziu, prietenul său. Nepot de episcop și fiu de regalist, Barrow a preferat, din considerente politice și religioase, să părăsească Anglia pentru cîțiva ani. După o călătorie de patru ani în Franța, Italia și Asia Mică, bogată în aventuri, el a obținut în 1660, sub restaurație, catedra de limba elină la Cambridge. Cunoștințele lui Barrow au fost multilaterale. În 1662 el devine profesor de filozofie la Londra, iar în 1663 — membru al Societății regale și profesor de matematică la Cambridge. Foarte curînd de altfel, în 1669, Barrow a renunțat la catedra Lucas, pe care a cedat-o elevului său Newton, preferînd postul de capelan al curții la Londra. Din 1672, Barrow devine *master*, adică director



Epiſtola ad Lectorem.

facilitant, à me depulſum partum amicorum haud recuſantium nutriciæ curæ commiſi, prout ipſis viſum eſſet, educandum aut exponendum. quorum unus (ipſos enim honeſtum duco nominatim agnoſcere) D. Iſaacus Newtonus, collega noſter (peregregiæ vir indolis ac inſignis peritiæ) exemplar reviſit, aliqua corrigenda monens, ſed & de ſuo nonnulla penu ſuggerens, quæ noſtris alibi cum laude innexa cernes. alter (quem noſtræ gentis haud immerito Merſennum *dixero, cùm ſuâ tum aliorum operâ provehendis hiſce literis natum) D.* Joh. Collinſius, *ingente ſuo cum labore editionem procuravit. Poſſem jam alios expectationi tuæ obices ponere, ſeu veniæ conciliatrices cauſas obtendere (meam ingenii tenuitatem, experimentorum inopiam, alias intercurrentes curas) niſi* Catonis *ſenioris mordaculum illud in me ſubverere recuſurum:* Rectè ſi Amphictyonum decreto conſtrictus hæc evulgas. *Hujuſmodi ſaltem præloquium partim*

Fragment din prefața la Cursurile lui Aarron, *în care este menționat pentru prima oară numele lui Newton.*

la Trinity-College. Grație lui, colegiul s-a îmbogățit cu o nouă bibliotecă, pe care a construit-o celebrul arhitect Wren.

Datorită excelentelor sale cunoștințe în domeniul limbilor antice și al matematicii, Barrow s-a afirmat ca un eminent traducător al geometrilor antici (Arhimede, Euclid și Apoloniu). În urma activității sale la catedra Lucas, a rămas *Cursul de optică și geometrie*[1]. În *Scrisoarea către cititor*, cu care, după un vechi obicei, începeau lecțiile, Barrow arăta că editarea cursului a fost posibilă numai grație ajutorului prietenilor săi, printre care primul este citat Newton. „Colegul nostru dr. Isaac Newton (bărbat eminent și cu cunoștințe deosebite) — spune Barrow — a controlat manuscrisul, a făcut îndreptările necesare și a adăugat unele lucruri chiar cu propria-i mînă, ceea ce se poate observa în cîteva locuri". În textul *Cursului* există de asemenea unele indicații precise asupra colaborării lui Newton.

[1] *Lectiones Opticae et Geometriae.* Auctore Isaaco Barrow. Londini, 1674. (Viza „Imprimatur" a fost dată încă în martie 1668.)

De obicei, biografii lui Newton se consideră datori să-și exprime nedumerirea asupra faptului că autorul marilor descoperiri optice a admis în cartea revăzută de el, și care conține chiar adăugiri personale, concepții cu totul învechite. Barrow scrie, de exemplu, că culoarea roșie este lumina concentrată, iar culoarea albastră este lumină diluată. În privința aceasta se poate observa că în *Cursul de optică și geometrie* accentul principal cade asupra laturii matematice, asupra teoremelor opticii razelor și asupra geometriei. Problemele teoriei luminii și a culorilor sînt tratate foarte sumar și într-o formă sceptică, prudentă. Vom cita din *Curs* cîteva rînduri care ilustrează atitudinea sceptică și chiar ironică a profesorului lui Newton față de ipotezele asupra luminii: „Fizicienii discută mult — scrie Barrow — despre natura luminii; unii consideră lumina drept o substanță materială oarecare, iar alții o consideră însușire sau mișcare. Se discută despre originea luminii, despre faptul dacă ea trece printr-un mediu în mod continuu sau se propagă prin impulsuri, multiplicîndu-se singuri. Eu nu voi analiza aceste probleme curioase... N-am izbutit să înțeleg proprietățile ascunse ale luminii și filozofii cei mai înțelepți n-au înțeles prin ce mijloace se multiplică lumina, care este esența ei și cum își manifestă ea forța. Ambele reprezentări despre lumină se lovesc de aceleași greutăți. De aceea eu înclin spre părerea că ambele feluri ale mișcării pot da naștere luminii, atît prin emisie corpusculară, cît și prin impulsuri neîntrerupte. Ar fi, poate, mai bine dacă am atribui unele acțiuni celei dintîi, iar alte acțiuni acestora din urmă... Întrucît trebuie spus ceva despre natura luminii, eu sînt de acord cu acelea din ipotezele menționate pe scurt mai sus, care explică ceva, — admițînd că lucrurile se petrec așa sau într-un mod asemănător..."

Această declarație sceptică a lui Barrow ne amintește, prin spiritul ei, deviza *hypotheses non fingo* (eu nu inventez ipoteze) a marelui său discipol. Devine clară originea antipatiei și, în orice caz, a indiferenței lui Newton față de ipoteze. După citatul de mai sus, este firesc să bănuim aici influența lui Barrow. Bio-

grafii lui Newton au acordat puțină atenție *Cursului* lui Barrow, cu excepția capitolului menționat cu privire la natura culorilor. Dacă ne uităm însă în exemplarul original al *Cursului*, putem vedea că pagina care conține expunerea demodatei teorii a culorilor este precedată de următoarea frază ironică: „Întrucît a venit vorba despre culori, trebuie (conform obiceiului și după regulă) să facem unele conjecturi și despre ele"[1]. Cu alte cuvinte, Barrow lasă să se înțeleagă atitudinea sa sceptică față de „teoria" culorilor expusă în continuare. Din citatele arătate, reiese destul de limpede că Barrow nu atribuie vreo însemnătate ipotezelor de care se folosește în carte, considerîndu-le doar niște instrumente auxiliare. Este firesc deci că tînărul Newton, verificînd din însărcinarea lui Barrow *Cursul*, a corectat și a completat esențialul, adică partea matematică, și nu ipotezele întîmplătoare, față de care el, ca și Barrow, avea o atitudine sceptică și pe care nu le-ar fi putut înlocui cu altele. Newton a verificat *Cursul* lui Barrow, probabil, pe vremea cînd nu pregătea încă propriile sale *Cursuri de optică*, despre care se va vorbi amănunțit mai jos.

După cum se arată în prefața la prima ediție latină a *Cursurilor de optică* ale lui Newton, editate în 1729, după moartea sa, el l-a urmat pe Barrow în ceea ce privește primele elemente ale opticii. Pe de altă parte, în scrisoarea către Collins, Barrow numește *Cursurile* lui Newton „poate cea mai remarcabilă operă a timpului nostru". Astfel, nu se poate vorbi despre vreo contradicție între cursurile lui Barrow și cele ale lui Newton. Barrow are o atitudine sceptică față de toate ipotezele despre lumină și citează unele dintre ele numai „pentru buna regulă". Newton caută să renunțe în genere la orice ipoteze, înlocuindu-le cu axiome experimentale sau cu principii.

Meritele principale și le-a cîștigat Barrow în domeniul matematicii. Numele lui este legat, în special, de noua metodă de determinare a tangentelor la curbe din ase-

[1] *Quoniam colorum incedit mentio, quid si de illis (et si proeter morem ac ordinem) pancula divinavero?* l.c., p. 85

mănarea triunghiurilor, formate, pe de o parte, de ordonată în punctul de tangență, tangentă și subtangentă și, pe de altă parte, de un arc infinit mic și de diferența coordonatelor punctelor extreme ale acestui arc. Această metodă a constituit o etapă importantă în dezvoltarea calculului infinițitor mici.

Moartea timpurie a lui Barrow la Londra, în 1677, la vîrsta de 47 de ani, a îndurerat profund pe mulți savanți din vremea aceea, care l-au cunoscut. Newton spunea, la bătrînețe, că pe el, moartea lui Barrow l-a întristat mai mult decît pe oricine.

Din momentul intrării la Trinity-College, Newton, după cum se știe, n-a mai șovăit în alegerea profesiunii. El a obținut gradele universitare ale timpului în ordinea cuvenită și foarte repede. În 1664 devine „student activ" (*scholar*) și, la începutul anului 1665, împreună cu alți 25 de studenți de la Trinity-College, obține titlul de bacalaureat.

În octombrie 1667, după 3 ani de la bacalaureat, este ales membru minor (*minor fellow*) al colegiului. Foarte curînd însă, în martie 1668, el devine membru major (*major fellow*), iar în luna iulie a aceluiași an devine „maestru al artelor" (sau magistru). Un an după aceea, Barrow îi cedează catedra Lucas și Newton obține cea mai înaltă funcție din prima jumătate a vieții sale. După unele izvoare, în 1667 episcopul Tenysson i-a oferit lui Newton postul — devenit vacant după moartea lui Barrow — de „maestru al colegiului", adică de director, cu condiția de a deveni cleric, ceea ce însă, după cum se știe, nu s-a întîmplat.

În realitate, „statutului de serviciu" uscat și concis al lui Newton din perioada 1661—1669, îi corespunde un proces adînc de dezvoltare a conștiinței, a aptitudinilor și a creației unuia dintre cele mai mari genii pe care le-a cunoscut vreodată omenirea.

Dintr-un elev sîrguincios și corect (așa cum reiese din carnetele sale de notițe și din alte cîteva documente care s-au păstrat), studentul Newton se transformă repede într-un om de știință înzestrat cu o independență și o originalitate nemaicunoscute. Ulterior, în timpul controverselor cu Leibniz, el își amintea,

pe baza notelor sale, că între anii 1664 și 1665 a descoperit metoda seriilor infinite și a calculat suprafața hiperbolei cu o precizie de 52 de cifre zecimale. Newton a început să se ocupe tot atît de timpuriu și cu lucrări experimentale de optică. Printre însemnările lui din vremea studenției se întîlnesc note privind refracția luminii, lustruirea lentilelor și defectele lor. În *Optica* sa, Newton descrie cercurile din jurul Lunii, observate de el la 19 februarie 1664. În această descriere sînt date, cu mare precizie, amănunte cu privire la culoarea cercurilor, la dimensiunile arcurilor lor, ceea ce denotă că măsurătorile s-au făcut cu ajutorul instrumentelor. S-a mai păstrat o notă cu privire la cumpărarea unei prisme la bîlciul din Stowerbridge, în septembrie 1665.

O mare însemnătate în viața lui Newton și, totodată, și în istoria științei, l-a avut îndelungatul „concediu de creație", care i-a fost acordat în timpul groaznicei epidemii de ciumă ce a bîntuit în Anglia între 1664 și 1667; în vara anului 1665 au pierit la Londra peste 31 000 de oameni. Pentru a scăpa de contaminare, populația fugea din orașele aglomerate la țară și tînărul savant a nimerit, din nou, în liniștea de la Woolsthorpe, însă de astă dată capul lui era plin de idei, cunoștințe și proiecte noi. Se pare că Newton a stat la Woolsthorpe din august 1665 pînă la 25 martie 1666 și de la 22 iunie 1666 pînă la 25 martie 1667.

Astfel, tînărul savant a petrecut aproape doi ani în atmosfera de liniște de la țară, departe de zgomotosul colegiu. Aici, el a putut să se concentreze și să mediteze profund asupra acelor germeni de descoperiri, care probabil se iviseră în mintea lui încă din colegiu. Mai tîrziu s-a aflat că în acești ani cît a bîntuit ciuma, Newton a creat analiza infinițitor mici, metoda fluxiunilor, cum a denumit-o el, sau calculul diferențial și integral, după terminologia lui Leibniz adoptată astăzi. Metoda a fost expusă în cinci memorii scurte, întocmite între 20 mai 1665 și noiembrie 1666. În același timp s-a manifestat, în toată amploarea sa, geniul de experimentator al lui Newton. La Trinity-College și, poate, și în căsuța de la Woolsthorpe, el a strîns o mare colecție de aparate optice, lentile, prisme, oglinzi,

telescoape, microscoape, vase de sticlă de diferite forme, pe care le-a cumpărat treptat, creîndu-și un laborator de optică de prim rang pentru acele vremuri[1]. O imagine vie despre această colecție optică a lui Newton ne-o dau descrierile amănunțite ale experiențelor lui din *Cursurile de optică*. În afară de aceasta, el însuși a fost un meșter iscusit, care se ocupa, probabil cu plăcere, cu șlefuirea și poleirea sticlei și a metalelor și cu construcția aparatelor. Cu aparatele sale, la început probabil la Woolsthorpe, apoi la Trinity-College, Newton a făcut celebrele lui experiențe asupra compunerii și descompunerii luminii. Drept sursă de lumină îi serveau soarele, lumînările, uneori și planetele. Se pare că la Woolsthorpe, Newton a început să-și construiască telescopul-reflector. Se poate admite că principiile de bază ale teoriei luminii i s-au precizat în timpul primelor experiențe de la Woolsthorpe.

În fine, după cum reiese dintr-o serie de mărturii personale ale savantului, tot în aceeași perioadă au luat naștere ideile sale despre gravitația universală, asupra cărora vom reveni amănunțit mai jos.

Trăsătura caracteristică uimitoare a avîntului său creator în perioada 1665—1667 constă nu numai în bogăția extraordinară și în însemnătatea concluziilor științifice la care a ajuns, ci și în faptul că un astfel de avînt nu s-a mai repetat niciodată în viața lui în asemenea proporții.

În anii cît a bîntuit ciuma, Newton a întocmit la Woolsthorpe un program al activității sale științifice principale pentru viitor și l-a îndeplinit într-o măsură însemnată.

S-ar părea că întoarcerea la Cambridge, în 1667, a tînărului savant în vîrstă de 25 de ani ar fi trebuit să îmbrace un aspect triumfal. Newton însă n-a povestit, probabil, nimănui despre descoperirile sale. În calitatea sa de creator al analizei infinitilor mici, el a devenit cunoscut lumii abia după mai bine de 30 de ani, și aceasta din cauza supărătoarei controverse cu Leib-

[1] *Lectiones Opticae et Geometricae.* Auctore Isaaco Barrow, Londini, 1674 (Lecții de optică și geometrie).

niz asupra priorității. Despre descoperirea gravitației universale, lumea științifică a aflat abia după 20 de ani. Cu o întîrziere de numai 5—6 ani au fost publicate lucrările sale de optică. Cauza acestei încetineli fără pereche în publicarea rezultatelor științifice, trebuie căutată în faptul că Newton era extrem de exigent în ceea ce privește precizia afirmațiilor sale. Aceeași exigență, necunoscută pînă atunci în știință, stă în ultimă analiză și la baza antipatiei sale față de ipoteze. Vom mai fi obligați să revenim în mai multe rînduri la această trăsătură psihologică a lui Newton.

Cum s-a desfășurat viața de zi cu zi a lui Newton în primii ani la Cambridge? Despre aceasta s-au păstrat puține date. Se știe că uneori el lua parte la chefuri studențești și juca cărți. Probabil însă că o făcea pentru a nu se singulariza printre ceilalți.

Tînărul Newton a fost econom și ordonat în cheltuielile sale; el cheltuia sume mai importante numai pe cărți și aparate științifice. Veniturile lui, din momentul cînd a devenit membru al colegiului, au fost destul de importante, atingînd (după socoteala persoanelor care s-au ocupat cu această chestiune) 200—250 lire sterline pe an. Cu o asemenea sumă pe vremea aceea se putea trăi confortabil, mai ales în provincie[1].

Un document foarte interesant, care înfățișează concepțiile de viață și, într-o măsură oarecare, și cele științifice ale lui Newton, din epoca respectivă, este scrisoarea pe care a adresat-o colegului său de la Cambridge, Aston, devenit ulterior secretar al Societății regale și care pleca într-o călătorie în străinătate. Redăm, în traducere, textul complet al acestei scrisori:

„Sir,

În scrisoarea dv. îmi îngăduiți să-mi exprim, fără jenă, părerea asupra a ceea ce vă poate fi util în călătoria dv. și de aceea îmi iau permisiunea

[1] Această concluzie a noilor biografi ai lui Newton contrazice afirmațiile lui Brewster și ale altor cercetători, care vorbeau despre situația materială foarte grea în care se afla savantul în acea vreme.

s-o fac cu mai multă libertate decît aș fi făcut-o într-o altă împrejurare. Vă voi expune la început unele reguli generale, dintre care multe vă sînt, cred, cunoscute; chiar dacă numai cîteva dintre ele vor fi noi pentru dv., ele vor răsplăti destul osteneala; dacă însă toate se vor dovedi a vă fi cunoscute, atunci mai pedepsit voi fi eu, care am scris scrisoarea, decît dv. care o citiți.

Cînd vă veți afla într-o societate nouă pt. dv., atunci: 1) observați moravurile; 2) adaptați-vă la ele și relațiile dv. vor fi mai libere și mai sincere; 3) în conversații puneți întrebări și exprimați îndoieli, fără a face afirmații categorice și fără a stîrni discuții; treaba călătorilor este să învețe ei înșiși, și nu să învețe pe alții. Apoi, aceasta va convinge prietenii dv. că nutriți față de ei un mare respect și îi va face mai comunicativi în ceea ce privește lucrurile noi pentru dv. Nimic nu duce atît de repede la desconsiderarea bunei-cuviințe și la certuri ca afirmațiile categorice. Veți cîștiga puțin sau chiar nimic dacă veți părea mai inteligent sau mai puțin ignorant decît societatea în care vă aflați; 4) dezaprobați mai rar lucrurile oricît de rele ar fi ele, sau faceți-o cu moderație, pentru a evita riscul de a trebui să renunțați pe neașteptate, într-un chip neplăcut, la părerea dv. proprie. Este mai puțin periculos să lauzi un lucru mai mult decît merită, decît a-l condamna pe merit, căci laudele sînt rareori contrazise sau, cel puțin, nu sînt suportate atît de dureros de oamenii care gîndesc altfel, ca dezaprobările; cel mai ușor se poate cîștiga bunăvoința oamenilor aprobînd și lăudînd în aparență ceea ce le place. Feriți-vă numai de a face aceasta prin comparații; 5) dacă veți suferi o ofensă, într-o țară străină este mai bine să o treceți sub tăcere sau să răspundeți printr-o glumă, chiar cu o oarecare lipsă de demnitate, decît să căutați să vă răzbunați; căci în primul caz reputația dv. nu va avea nimic de pierdut cînd vă veți înapoia în Anglia sau veți nimeri într-o altă societate care

n-a auzit despre cearta dv. În al doilea caz, riscați să rămîneți cu urmele certei toată viața, dacă în genere veți scăpa viu din ea. Dacă însă situația va fi fără ieșire, atunci cred că este mai bine să vă rețineți pasiunea și limbajul în limitele unui ton moderat, fără a-l irita pe adversar și pe amicii lui și fără a ajunge la noi insulte. Într-un cuvînt, dacă rațiunea va domina pasiunea, atunci ea și prudența vor deveni apărătorii dv. cei mai buni. Luați notă că justificări de felul acelora, ca de de exemplu: „El s-a purtat atît de provocator, încît n-am putut să mă rețin", pot fi înțelese de prieteni, dar n-au nici o valoare pentru străini, căci dau la iveală numai slăbiciunea călătorului.

La aceasta aș putea să adaug cîteva îndrumări generale cu privire la cercetările și observațiile care mi-au venit acum în minte. De pildă: 1) trebuie să urmărim viața, politica, bunăstarea și treburile de stat ale națiunilor în măsura în care aceasta este posibil pentru un călător; 2) trebuie să cunoaștem impozitele la care sînt impuse diferitele pături ale populației, comerțul și mărfurile speciale; 3) trebuie să cunoaștem legile și obiceiurile, în măsura în care ele se deosebesc de ale noastre; 4) trebuie să cunoaștem comerțul și artele, în ce măsură sînt cle superioare sau inferioare celor din Anglia; 5) să cunoaștem fortificațiile pe care le întîlnim în cale, tipul, puterea lor, avantajele lor defensive și alte caracteristici militare care au vreo importanță; 6) puterea și respectul de care se bucură nobilii și magistrații; 7) nu veți consuma fără folos timpul dv., dacă veți întocmi un catalog cu numele și faptele oamenilor celor mai remarcabili, din fiecare națiune, prin inteligența, cunoștințele sau prin respectul de care se bucură; 8) observați mecanismele și sistemul de conducere al vapoarelor; 9) observați roadele naturii; îndeosebi cele ce se obțin în mine, sistemul de prelucrare a acestora, extracția metalelor și mineralelor și purificarea lor. Dacă veți întîlni anumite transformări ale substanțelor din

propriile lor specii, de pildă, transformarea fierului în cupru, a vreunui metal în mercur, a vreunei sări în alta sau în leşie (*insipid body*) etc., acordaţi acestor lucruri mai mare atenţie decît oricăruia, căci nu există în filozofie experienţe mai lămuritoare şi care îmbogăţesc mai mult decît acestea; 10) informaţi-vă despre preţurile alimentelor şi ale altor articole; 11) despre produsele principale ale ţării respective.

Aceste indicaţii generale (pe care le-am putut înşira acum) pot în orice caz să vă fie de folos la întocmirea planului călătoriei dv. În ce priveşte amănuntele, iată ce pot să vă spun acum: 1) Interesaţi-vă dacă la Chemnitz, în Ungaria (unde se află mine de aur, cupru, fier, piatră vînătă, antimoniu etc.), se transformă fierul în cupru prin dizolvarea în apa pietrei vinete, care se găseşte în crăpăturile stîncilor din mine şi apoi se topeşte într-o soluţie concentrată, pe foc puternic, iar la răcire se obţine cuprul. Se spune că acelaşi lucru se face şi în alte locuri, pe care nu mi le pot aminti acum, poate în Italia. Acum 20—30 de ani se aducea de acolo o piatră vînătă specială (denumită piatra vînătă din Roma), mai nobilă decît substanţele care poartă astăzi aceeaşi denumire; noi nu putem găsi această piatră vînătă; poate că este mai convenabil ca ea să fie folosită pentru transformarea fierului în cupru, decît pentru vînzare. 2) Nu există oare în Ungaria, Slovacia, Boemia, lîngă oraşul Eylau, sau în munţii Boemiei, lîngă Silezia, rîuri bogate în aur? Poate aurul se află dizolvat în vreo apă caustică, ca apa regală (*aqua regis*) şi soluţia este dusă de pîrîul care curge prin mină. Se ţine oare în secret sau se practică deschis metoda de a introduce mercur în aceste rîuri, unde este lăsat pînă se îmbibă cu aur, iar după aceea se tratează cu plumb şi se curăţă aurul? 3) În ultimul timp, în Olanda s-a inventat o moară pentru netezirea sticlei şi, după cum cred, şi pentru şlefuirea ei: poate că ar merita să fie vizitată. 4) În Olanda se află un oare-

care Bory, care a fost ținut cîțiva ani la închisoare de către papa, pentru a-i smulge secrete (după cum am auzit) de mare importanță atît pentru medicină, cît și pentru îmbogățire; el a reușit să fugă în Olanda, unde este păzit. Mi se pare că este îmbrăcat de obicei într-o haină verde. Vă rog să luați informații despre el și să aflați dacă talentele lui au adus vreun folos olandezilor. Puteți să aflați de asemenea dacă olandezii au vreun mijloc de a feri corăbiile de viermi în timpul călătoriei lor spre Indii. De asemenea, dacă se întrebuințează ceasornice cu pendulă pentru determinarea longitudinii etc. Eu sînt foarte obosit și, fără a vă face urări mai lungi, vă doresc numai drum bun și să vă aibă Dumnezeu în paza lui.

Is. Newton

Vă rog să ne scrieți despre călătoria dv. Am predat două dintre cărțile dv. doctorului Arrowsmith".

Pierzînd din vedere perspectiva istorică, unii biografi consideră această scrisoare drept o „producție" naivă, dacă nu chiar o glumă a tînărului Newton, în care s-ar întrezări cu greu viitorul filozof, fizician și matematician genial.

Această concluzie este greșită. Regulile de conduită într-o societate străină, pe care savantul i le recomandă lui Aston în prima parte a scrisorii, ar părea poate naive prin forma lor demodată, dar în esența lor atestă multă perspicacitate și nu și-au pierdut interesul și utilitatea nici astăzi. Este adevărat că mai tîrziu i-au lipsit și lui Newton rezerva, echilibrul și neamestecul prudent pe care le recomandă corespondentului său, dar ele au rămas tot timpul trăsătura specifică a caracterului său. Greutatea cu care, mai tîrziu, Newton își publica lucrările corespunde pînă la un anumit grad observației sceptice din scrisoarea către Aston: „Veți cîștiga puțin sau chiar nimic dacă veți părea mai inteligent sau mai puțin ignorant decît societatea în care vă aflați".

În aceeași scrisoare se manifestă un anumit interes pentru problemele de stat și astfel devine explicabilă,

în parte, prezența ulterioară a lui Newton în parlament, activitatea lui la monetărie și în diferite comisii maritime. Nu există, de asemenea, nici un temei de a se considera indicațiile sale în domeniul chimiei drept obișnuitele confuzii alchimice. Este vorba, mai ales, de separarea cuprului din piatra vînătă și de amalgamarea aurului.

Din această parte a scrisorii se poate în orice caz deduce că Newton se ocupa încă pe atunci, în mod serios, cu studiul fenomenelor chimice. Există în scrisoare și o indicație sumară asupra interesului arătat de el pentru arta șlefuirii sticlei. Însăși scrisoarea aceasta, cu caracter moralizator și didactic, ne oferă o imagine destul de vie a caracterului serios și echilibrat al tînărului magistru și profesor în vîrstă de 27 ani, și a respectului de care se bucura.

CAPITOLUL III

OPTICA FIZICĂ PÎNĂ LA NEWTON

De la obținerea catedrei Lucas la Cambridge, în 1669, au trecut peste 20 de ani fără ca în viața lui Newton să se fi produs vreo schimbare. Dacă vom examina tabloul cronologic pe lucrări și pe zile, compus de Edlestone pentru fiecare zi, nu vom observa în această perioadă nici un „eveniment" în accepția banală a cuvîntului: nu sînt menționate decît scrisori, participarea la lucrările Societății regale, apariția lucrărilor tipărite, alegeri universitare etc. Newton stătea la Cambridge, plecînd rareori la Woolsthorpe și la Londra. Acestei monotonii și liniști aparente îi corespunde însă perioada cea mai încordată din activitatea sa științifică. Viața lui, în perioada arătată, se consumă numai în muncă și, fără a se întrerupe firul cronologic al narațiunii se poate trece, de la fapte biografice la expunerea lucrărilor sale.

Istoria teoriei luminii pînă la Newton, privită ca o serie succesivă de noi rezultate rodnice, s-a dezvoltat, în special, pe linia opticii geometrice. Exceptînd cazurile propagării luminii în medii tulburi (de exemplu în neguri) și fenomenele complexe observate în cazurile cînd un fascicul de lumină întîlnește orificii foarte mici sau obstacole, se poate spune că într-un mediu omogen lumina se propagă în linie dreaptă, schimbîndu-și direcția numai la reflexie și refracție. Lucrul acesta a fost cunoscut și în antichitate, iar

opticienii din acea vreme cunoșteau legea reflexiei luminii, însă în ceea ce privește refracția se mărgineau numai la date experimentale. Legea refracției a fost descoperită abia în secolul al XVII-lea de Snell și Descartes. Aceste baze fizice ale opticii geometrice au fost integral asimilate în prima jumătate a secolului al XVII-lea și și-au găsit expresia elegantă și profundă în principiul lui Fermat asupra parcursului celui mai rapid al razei de lumină.

Luneta lui Galileu și remarcabilele sale descoperiri astronomice au transformat optica geometrică dintr-o disciplină matematică abstractă, într-un domeniu practic extrem de important, necesar pentru calculul rațional al aparatelor optice. Dar, comparînd aceste calcule cu experiența, devenea din ce în ce mai clar că principiile opticii geometrice nu sînt suficiente prin ele însele pentru descrierea și explicarea completă și corectă a propagării luminii.

Înainte de toate trebuia într-un fel înțeles fenomenul *colorației* razelor luminoase, care deosebește în mod evident o rază de alta. Fizica a păstrat pînă la Newton, într-o formă aproape neschimbată, tradiția lui Aristotel. Se presupunea că culorile iau naștere dintr-un amestec al luminii cu întunericul în diferite proporții. Încă în 1609, Kepler, ale cărui opere au fost izvorul principalelor cunoștințe optice ale lui Newton, scria că deosebirile de culori se explică prin predispoziția diferită a materiei transparente față de lumină sau întuneric, în raport cu gradul sau densitatea întunericului propriu materiei date. Cu doi ani mai tîrziu, episcopul italian Antonio de Dominis, al cărui tratat a fost studiat de asemenea de Newton, a încercat să găsească confirmarea acestei concepții în fenomenul culorilor prismatice. Antonio presupunea că la unghiul de refracție al prismei, acolo unde ea este mai subțire, apare lumina roșie, care conține „întuneric" în proporția cea mai mică, iar pe măsura creșterii grosimii apare lumina verde, apoi cea violetă. Aceste afirmații contraziceau în mod vădit experiența și, fără a rezolva problema, abia o încurcau. Apariția unei imagini colorate dintr-o rază albă, la trecerea ei printr-o

prismă de sticlă, genera în mod firesc speranța de a găsi tocmai în prismă cheia rezolvării problemei culorilor.

În afară de Antonio, rezolvarea experimentală a problemei cu ajutorul prismei a fost căutată și de Marcus Marci de Kronland, în tratatul său *Thaumantias*, apărut la Praga în 1648. Concluziile experimentale ale lui Marci anticipează, fără îndoială, unele rezultate obținute mai tîrziu de Newton. „Lumina — arată în concluzie Marci — se transformă în culori numai la o anumită refracție în medii dense, și diferitele feluri de culori sînt părți cu refracții diferite. Una și aceeași culoare nu poate apărea la diferite refracții, iar la o singură refracție nu pot apărea diferite culori. Reflexia razei luminoase colorate nu schimbă culoarea ei, iar a doua refracție a razei deja colorate nu poate nici ea să schimbe felul culorii ei". Pe baza acestor fapte experimentale, Marci n-a putut găsi însă adevărul. După părerea lui, culorile prismatice provin din raze care pornesc din diferite puncte ale Soarelui și cad pe prismă sub diferite unghiuri. Diferența dintre unghiurile de incidență ale razelor, pornite din punctele extreme ale discului solar, este egală cu jumătate de grad.

Această diferență mică a fost ulterior adeseori utilizată în diferitele teorii ale culorilor și în disputele științifice. Printre altele, pe ea s-au bazat ulterior unii critici ai lui Newton. Și după Newton Soarele a fost, multă vreme, practic, aproape singura sursă de lumină în experiențele optice și mărimea unghiulară finită a discului solar împingea pe mai mulți cercetători la ipoteze teoretice greșite.

Marci căuta cauza deosebirilor de culori în condensarea razelor luminoase. Într-o formă mascată, la el culoarea este același amestec al luminii cu întunericul, ca la Aristotel. În *Cursul de optică* al lui Barrow, la revizuirea căruia, după cum am mai spus, a luat parte Newton, se emite o ipoteză despre culori care amintește concepțiile lui Marci (fără a se pomeni numele lui). Iată ipoteza: *alb* este ceea ce degajă o lumină abundentă în toate direcțiile, *negru* este ceea

ce degajă lumină într-o măsură infimă, *roșu* este ceea ce iradiază o lumină densă, *albastru* este ceea ce degajă o lumină rară, *verde* este apropiat de albastru. Celelalte culori sînt amestecuri: *galben* — un amestec între alb și roșu, *purpuriu* — un amestec între albastru și roșu.

Am arătat deja că ar fi greșit să atribuim, în mod serios, asemenea concepții lui Barrow și, cu atît mai mult, lui Newton. Barrow a citat părerea tipică a contemporanilor, fără să-i opună altceva. Se poate adăuga că teoria lui Aristotel s-a păstrat pe alocuri în fizică încă mult timp după Newton.

Atacîndu-l cu furie pe Newton, Goethe îi opunea, în fond, teoria lui Aristotel. Încă în 1831, un adept al lui Schelling, profesorul Vellanski din Petersburg, scria: „... Culorile sînt o combinație a luminii și a întunericului, care are loc în sînul materiei. Luminii și întunericului... le corespund culorile albă și neagră, care compun toate culorile corpurilor, ce se deosebesc numai după conținutul de alb și negru din ele"[1].

O explicație cu totul diferită a deosebirilor dintre culori a fost dată în teoria lui Descartes. În conformitate cu ideile sale mecaniciste, ca urmare a mișcării neîntrerupte a substanței omogene inițiale care umplea universul, s-au desprins trei feluri de materie. Primul constă din particule mărunte ovale, al doilea — din particule rotunde egale, și, în fine, al treilea — din mari aglomerații formate din particulele din primul fel. În fiecare corp luminos, particulele primului element se află într-o mișcare vie și exercită o puternică presiune asupra particulelor rotunde de felul al doilea. În urma umplerii neîntrerupte a spațiului, această presiune nu poate provoca o mișcare progresivă a particulelor rotunde și se naște numai o oarecare „tendință" spre mișcare, care se propagă instantaneu de la corpul luminos în toate direcțiile. Asemănînd această presiune cu presiunea hidrostatică din lichid, Descartes o consideră drept cauza senzațiilor lumi-

[1] Daniil Vellanski, *Fizica experimentală, descriptivă și speculativă*, St. Petersburg, 1831, p. 122.

noase. Cînd direcția presiunii propagate formează cu suprafața de despărțire a două medii de densitate diferită un unghi obtuz, particulele rotunde ale celui de-al doilea element, nemaiaflîndu-se, ca pînă atunci, într-o mișcare progresivă, pot efectua o mișcare de rotație. Această rotație va fi mai rapidă în acele părți ale razei care ajung mai repede la suprafața refringentă. Acestei rotații a particulelor rotunde cu viteză diferită îi corespunde, după Descartes, senzația diferitelor culori.

Descartes deosebește trei feluri de culori „elementare": roșie, galbenă și albastră. Celelalte culori provin din combinarea acestora.

În acest tablou care are, bineînțeles, numai un interes istoric și pur speculativ, merită reținută ideea care leagă deosebirea dintre culori de deosebirea dintre frecvențele unor mișcări periodice. Această idee a fost preluată și de optica contemporană. Nouă ni se pare acum ciudat faptul că aceeași idee n-a apărut la adepții teoriei ondulatorii a luminii.

Comparația pur calitativă a fenomenelor luminoase cu cele acustice sau cu undele ce se formează pe o suprafață de apă era frecventă. Astfel de asemănări se pot găsi și la antici; în timpurile mai apropiate de noi le întîlnim la Leonardo da Vinci, tot în forma calitativă a analogiei verbale. Puțin înainte ca Newton să-și fi început experiențele de optică, comparația culorilor cu tonurile sunetelor a apărut în tratatul lui Delachambre (1657) și al iezuitului Grimaldi (1665). Dar fenomenele acustice fuseseră studiate tot atît de puțin ca și cele luminoase, și, vorbindu-se despre „ton", nu se înțelegea clar cărui factor mecanic îi corespunde această însușire a sunetului. Paralel cu Huyghens, care ocolea intenționat fenomenele colorației în celebrul său *Tratat despre lumină*, un curajos apărător al teoriei ondulatorii a fost Robert Hooke — adversarul constant pînă la moarte al lui Newton. Mai jos, vom mai reveni asupra lui în repetate rînduri.

În căutarea acelei mărimi variabile a mișcării ondulatorii, care ar putea să caracterizeze colorația razei,

Hooke s-a oprit asupra unghiului format de suprafața undei cu direcția propagării. După Hooke, unghiul drept corespunde luminii albe, iar la unghiul obtuz există posibilitatea colorării, care se manifestă numai în cazul cînd lumina se mărginește, dintr-o parte, cu întunericul. Culoarea albastră ia naștere din unda oblică, a cărei parte slăbită pătrunde în ochi cea dintîi, iar culoarea roșie — apare în cazul invers. Pe baza unei asemenea reprezentări, Hooke încerca să interpreteze culorile lamelor subțiri.

În consecință, teoria lui Hooke explică formarea culorilor, în fond, tot după Aristotel, prin amestecul întunericului cu lumina.

Aceasta a fost situația teoriei culorilor înaintea lui Newton. Toate teoriile expuse pînă acum au fost artificiale și, în cel mai bun caz, ofereau explicația numai pentru un grup restrîns de fapte. Critica acestor teorii a fost ușoară, iar apărarea lor fără sorți de succes.

Cercetători prudenți, ca Boyle și Barrow, s-au mărginit doar să confrunte diferitele concepții. La mijlocul secolului al XVII-lea problema culorilor a fost pusă însă cu atîta precizie, încît rezolvarea ei într-un fel sau altul a devenit inevitabilă.

În perioada 1660—1680 activitatea teoretică și experimentală în domeniul fenomenelor luminoase s-a desfășurat într-o încordare excepțională. Se poate spune că în anii aceștia s-a născut optica fizică. E suficient să amintim unele date cronologice. În 1662 apare tratatul fizicianului din Amsterdam, Isaac Foss, intitulat *Despre natura luminii*, în care, printre altele, este exprimată ideea că varietatea culorilor nu trebuie atribuită corpurilor, ci luminii însăși. În 1665 apare la Bologna opera postumă a iezuitului Grimaldi, care conține, între altele, descrierea fenomenului difracției luminii. În același an apare *Micrografia* lui Hooke, în care este expusă teoria sa despre culori și, pentru prima oară, se descrie fenomenul interferenței luminii în culorile lamelor subțiri. Tot în 1665, Boyle își publică lucrarea *Experiențe și re-*

flecții asupra culorilor, în special asupra naturii albului, cu observarea diamantului, care strălucește în întuneric. În 1670, Erasmus Bartolinus descoperă dubla refracție a luminii în cristalele spatului de Islanda. În 1675, Ole Römer determină pentru prima oară viteza luminii observînd eclipsele sateliților lui Jupiter. În 1678 apare tratatul lui Huyghens despre lumină, care conține primele concluzii cantitative izbutite ale teoriei ondulatorii a luminii. Pe la mijlocul acestei perioade strălucite a dezvoltării opticii, au loc principalele cercetări optice ale lui Newton.

CAPITOLUL IV

TELESCOPUL-REFLECTOR AL LUI NEWTON ȘI SOCIETATEA REGALĂ DIN LONDRA 1668—1672

Viața universitară a lui Newton a început în perioada cînd lumea științifică din Europa nu-și revenise încă după impresia copleșitoare produsă de descoperirile astronomice ale lui Galileu, efectuate în 1609—1610 cu ajutorul telescopului său. De-a lungul mileniilor, pînă la Galileu, știința descria fenomenele, le explica și uneori ducea la construirea unor aparate și mașini utile. Galileu a demonstrat, cel dintîi, că știința este capabilă de ceva mai mult, de descoperirea unor fenomene noi, surprinzătoare, care sporesc considerabil posibilitatea cunoașterii naturii. De aceea, Galileu era comparat cu Columb sau chiar cu divinul creator, făuritor al unei lumi necunoscute pînă atunci.

Galileu a ajuns la această concluzie cu ajutorul unei lunete avînd o lentilă convexă și una concavă. De aceea, nu este de mirare faptul că astronomii, fizicienii și matematicienii au pornit cu entuziasm să perfecționeze telescopul. Șlefuirea și lustruirea sticlelor, construirea de mașini pentru prelucrarea sticlei cu suprafețe sferice și nesferice, elaborarea opticii geometrice a mediilor refringente și diferitele metode de perfecționare a telescoapelor — acestea sînt temele permanente ale preocupărilor savanților de diferite specialități în secolul al XVII-lea.

Razele unui punct luminos, trecînd printr-o lentilă sferică de o grosime, curbură și dimensiuni finite nu

se pot întîlni într-un singur punct, ci se întretaie după o suprafață. Acest fenomen constituie însușirea necesară a suprafeței sferice și se numește de aceea „aberația de sfericitate"[1]. Astăzi se știe că această aberație poate fi simțitor redusă, dacă se aplică un sistem de lentile limitate de suprafețe sferice cu curburi diferite. În modul acesta se obțin obiectivele de astăzi, cu unghi larg și luminozitatea puternică, care lucrează în condiții foarte nefavorabile și care dau totuși imagini bine „corectate".

În secolul al XVII-lea lucrul acesta nu era cunoscut. În afară de aceasta, pentru îmbunătățirea telescoapelor aberația sferică poate fi simțitor redusă prin mărirea lungimii lunetei: ea scade pe măsura creșterii distanței focale a obiectivului. De aceea, pe atunci se construiau și se propuneau sisteme de lunete extrem de lungi. În Franța, de pildă, s-a proiectat un telescop cu o lungime de peste 30 m. O altă soluție pentru rezolvarea dificultăților a fost căutată în înlocuirea sferei cu suprafețe mai complicate — elipsoid, paraboloid, hiperboloid. Aceste suprafețe permiteau, pe baza principiilor opticii geometrice, obținerea unor imagini fără aberații.

De aceea, nu e de mirare că deja în 1664 îl găsim pe studentul Newton lucrînd la îmbunătățirea telescopului. După propria-i mărturie, el a început în 1666 să confecționeze singur sticle nesferice. Lucrul acesta se realizează greu și în zilele noastre. Ne putem închipui ce obstacole aveau de învins Newton și contemporanii săi! Totuși, anumite lentile nesferice au fost obținute; nu știm însă nimic despre calitatea lor.

Peste cîtva timp (probabil 1—2 ani), Newton a abandonat această muncă grea, convingîndu-se că greșelile principale ale imaginii nu provin de la aberația sferică, ci de la aureola iridiscentă care însoțește inevitabil imaginea punctului atît în lentilele sferice,

[1] Actualmente, prin „aberație sferică" se înțelege o categorie mai restrînsă de erori.

cît și în cele nesferice. În 1669, în *Cursuri de optică*, Newton spune în legătură cu această chestiune următoarele: „Cei care studiază dioptrica își închipuie că aparatele optice pot fi aduse la orice grad de perfecțiune cu ajutorul sticlei, dacă prin lustruire i se va da forma geometrică dorită. În acest scop au fost inventate diferite instrumente pentru șlefuirea sticlelor după figuri hiperbolice, și parabolice, însă nimeni n-a izbutit pînă astăzi să confecționeze aceste figuri cu precizie, pentru că toți au lucrat în zadar. Și iată, pentru ca munca să nu fie irosită fără rost, îndrăznesc să previn că, chiar dacă totul se va desfășura bine, rezultatul obținut nu va corespunde așteptărilor. Căci sticlele, cărora li s-ar da cele mai bune forme care ar putea fi inventate pentru acest scop, nu vor acționa nici de două ori mai bine decît oglinzile sferice, lustruite cu aceeași precizie. Spun aceasta nu pentru a blama pe autorii opticieni, căci ei toți și-au expus ideile foarte precis și just în ceea ce privește scopul demonstrațiilor lor. Ceva totuși, și ceva foarte important, a fost lăsat de ei spre a fi descoperit de urmași. Astfel, am constatat în refracții o oarecare neregularitate, care deformează totul. Ea nu determină numai o superioritate insuficientă a secțiunilor conice față de figurile sferice, ci mai este și cauza pentru care figurile sferice dau mult mai puțin decît dacă refracția amintită ar fi fost omogenă".

Această concluzie a făcut ca activitatea ulterioară a lui Newton să se desfășoare în două direcții: prima — perfecționarea telescopului cu oglinda sferică reflectoare, și a doua — cercetarea cauzelor aberației cromatice. Bineînțeles, aberația cromatică era cunoscută și înainte de Newton; pentru aceasta era suficient să se privească prin lunetă un punct luminos. Dar nimănui nu i-a venit în minte s-o pună în legătură cu imprecizia imaginilor în lunetă, nimeni pînă la Newton nu și-a pus problema asupra cauzei ei și nimeni n-a căutat o soluție practică în telescopul-reflector. Însăși formularea acestor probleme, într-un astfel de

context, l-a ridicat pe Newton deasupra tuturor opticienilor contemporani cu el.

Fără îndoială că ideea posibilității de a construi un telescop cu o oglindă sferică concavă, în locul obiectivului de sticlă, s-a născut la Newton cu totul independent față de contemporani, însă ideea n-a fost de loc nouă. Cu 40 de ani înainte de Newton, pe cînd trăia încă Galileu, între prietenii și elevii acestuia, după cum reiese din corespondența sa, aveau loc deseori discuții asupra telescoapelor-reflectoare. În 1626 se semnalează, de exemplu, un asemenea instrument construit de un oarecare Cesare Caravagi. Elevul lui Galileu, celebrul matematician Bonaventura Cavalieri, unul dintre predecesorii lui Newton în domeniul infiniților mici, s-a ocupat și el de telescopul-reflector. De altfel, concluzia lui Cavalieri a fost foarte nefavorabilă pentru acest gen de telescoape. „Eu consider — scria el în 1632 — că ele nu vor atinge niciodată perfecțiunea lunetelor cu sticle, fie că le vom construi din combinații cu oglinzi, fie cu lentile. Oricine va face o încercare se va convinge de aceasta". Au existat și alți inventatori de reflectoare. Pornind la construirea instrumentului său, Newton a constatat foarte curînd că proiectul unei lunete-reflectoare a fost propus înaintea lui, încă în 1663, de către Gregory, în cartea *Optica promota* și ulterior a recunoscut public că lui îi aparține doar onoarea de a fi executat cel dintîi aparat de acest fel.

În urma unei munci și a unor experiențe perseverente pentru pregătirea aliajelor și lustruirea suprafețelor metalice, Newton a reușit să construiască în 1668 primul model al unui telescop-reflector cu o lungime de numai 15 cm și cu o oglindă avînd un diametru de 25 mm. Acest telescop liliputan n-a funcționat însă mai rău decît reflectoarele mari din acea vreme; prin el se puteau vedea sateliții lui Jupiter. Din cauza imperfecțiunii aliajului din care a fost confecționată oglinda și a lustrului nesatisfăcător, imaginile au ieșit însă tulburi și vagi.

În 1671, Newton a reușit să construiască al doilea aparat, de dimensiuni mai mari și de o calitate mai

bună. Aspectul lui exterior se poate vedea în Fig. de la p. 51 iar pe schema din Fig. de pe aceeași pagină este indicat, prin linii, traseul razelor în aparat. De asemenea se văd și părțile mecanice ale aparatului, care s-a păstrat în colecția Societății regale din Londra.

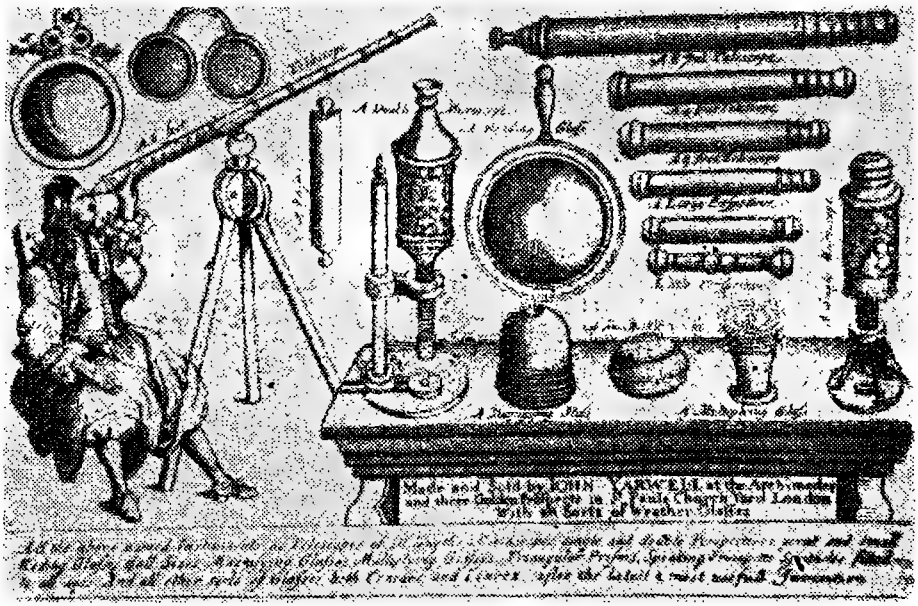
Examinarea atentă a acestui aparat este foarte instructivă. El a fost rodul unei munci tenace și al unei mari iscusințe experimentale. Fiecare piesă s-a născut în urma unor cercetări migăloase. Newton s-a zbătut multă vreme să găsească un aliaj potrivit pentru oglindă și a încercat numeroase rețete. În scrisoarea sa din 29 septembrie 1671 către secretarul Societății regale, Oldenburg, găsim, de pildă, următoarele rînduri, care ne dau o vie imagine a lui Newton ca metalurgist și chimist: „La început am topit arama, am băgat apoi în ea arsenic și am topit puțin, am amestecat totul împreună, ferindu-mă de a respira fumul otrăvitor. Apoi am adăugat cositor și din nou, după o rapidă topire, am amestecat totul. După aceasta am turnat totul dintr-o dată". Mulți ani după aceea, savantul a descris amănunțit, în *Optica*, metoda de lustruire a metalului pentru oglindă elaborată de el: „Sistemul de lustruire pe care l-am întrebuințat — scria el — a fost următorul. Am avut două plăci rotunde de aramă, cu un diametru de 6 țoli fiecare, una convexă, alta concavă. De placa convexă am frecat metalul obiectivului sau oglinda concavă, care trebuia lustruită pînă cînd lua forma plăcii convexe și era gata pentru lustru. Apoi am acoperit metalul convex cu un strat foarte subțire de smoală, picurînd smoala topită pe metal și încălzindu-l pentru a menține smoala moale, am frecat-o în același timp cu placa de aramă concavă, udată anume pentru a o întinde în mod egal pe întreaga suprafață... Apoi am luat o cenușă foarte fină, spălată de părticelele mai mari, am pus puțin din ea pe smoală, am aplicat placa de aramă concavă și am frecat-o pînă ce a dispărut orice zgomot; după aceea am aplicat, cu o mișcare rapidă, metalul obiectivului pe smoală timp de 2—3 minute, apăsînd cu putere. Mai departe, am pus pe smoală cenușă proaspătă, am aplicat din nou placa de aramă

concavă, frecînd pînă la dispariția zgomotului și aplicînd apoi, ca și înainte, metalul obiectivului. Am repetat această operație pînă cînd metalul a devenit lustruit, frecînd la sfîrșit cu toată puterea un timp destul de îndelungat și suflînd adeseori asupra smoalei pentru a o menține umedă, fără a adăuga cenușă proaspătă".

Trebuie să observăm că metodele de lustruire au fost rezultatul experienței proprii a lui Newton și că el a trebuit să-i învețe s-o folosească pe cei mai iscusiți maiștri lustruitori din Londra. Nu se știe dacă din inițiativă proprie sau din îndemnul altora, Newton și-a trimis telescopul, în toamna anului 1671, spre examinare regelui.

În acei ani, telescoapele erau la modă în aceeași măsură ca și „piatra filozofală"; de ele se interesau cercurile cele mai largi ale populației. Știrea că la Cambridge, un inventator oarecare a construit un telescop de un model cu totul nou, a ajuns la Londra și, poate, chiar pînă la rege. Micul telescop trimis de Newton a fost examinat de Carol al II-lea și de membrii Societății regale abia înființate (1662) — Hooke, Wren, matematician și celebru constructor al catedralei St. Paul din Londra, și alții. Aparatul a fost aprobat în unanimitate și, la 11 ianuarie, Newton a fost ales membru al societății.

Societatea regală din Londra este una dintre cele mai renumite societăți științifice din lume, care desfășoară o intensă activitate și în zilele noastre. Ea a obținut învestitura oficială tocmai în anii studenției lui Newton și era deci pe atunci o instituție foarte tînără. Societatea a luat naștere dintr-un cerc privat, aproape conspirativ, pe care Boyle îl numea „Colegiul invizibil"; el s-a constituit la Londra, în 1645, în perioada revoluționară agitată, din amatori ai științelor naturii. Asemenea cercuri, academii și societăți au fost caracteristice pentru epoca Renașterii tîrzii. Deosebit de multe au existat în Italia (Academia dei Lincei la Roma, Academia dal Cimento la Florența etc.). Scopul principal al societății consta în dezvoltarea unor metode experimentale noi și, de aceea,



Anunț despre vînzarea instrumentelor optice ale opticianului londonez Vewell (1672).

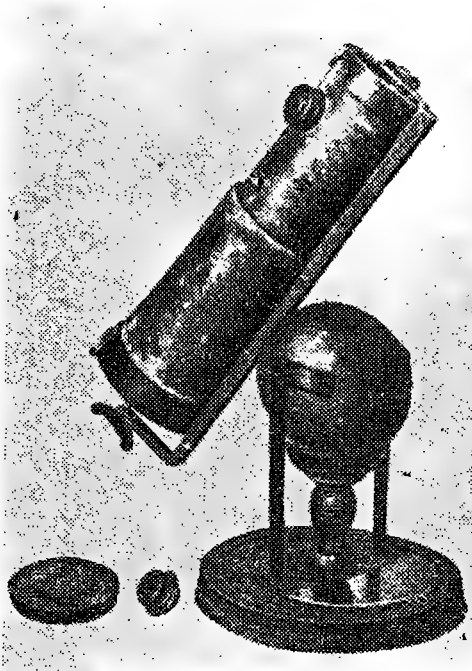
prezentarea diferitelor fenomene și aparate noi era unul dintre obiectivele principale ale ședințelor săptămînale. Curînd, mulți savanți eminenți și personalități reprezentative ale epocii au devenit membri ai Societății. S-a păstrat lista membrilor de onoare și activi ai Societății, dintre care urma să se aleagă, la 30 noiembrie 1671, în preajma admiterii lui Newton ca membru al ei, consiliul Societății, compus din zece persoane. Alături de numele răsunătoare ale prinților, al ducelui de Buckingham și ale altora, găsim în listă numele într-adevăr strălucite ale lui Barrow, Boyle, Gregory, al astronomului Wallis, al arhitectului Wren etc. Ținînd seama de strălucitul renume al cercului privat, Carol al II-lea i-a acordat, în 1662, titlul de „Societate regală", precum și multe privilegii științifice și bunuri. Societatea a căpătat un blazon cu deviza apostolului necredincios Toma: *Nullius in verba*. Mai mult decît oricare altă organizație științifică europeană, ea a servit ca model pentru academiile de știință, a căror înființare a devenit la sfîrșitul secolului al XVII-lea și în secolul al XVIII-lea un fel de dovadă de „bon ton" pentru statele europene. În Rusia, care abia „își

deschisese o fereastră spre Europa", a fost înființată în 1724 din ordinul lui Petru I (iar în 1725 a început să funcționeze de fapt) „Academia imperială de Științe de la Sankt-Petersburg" — ca o replică rusă la înființarea Societății regale.

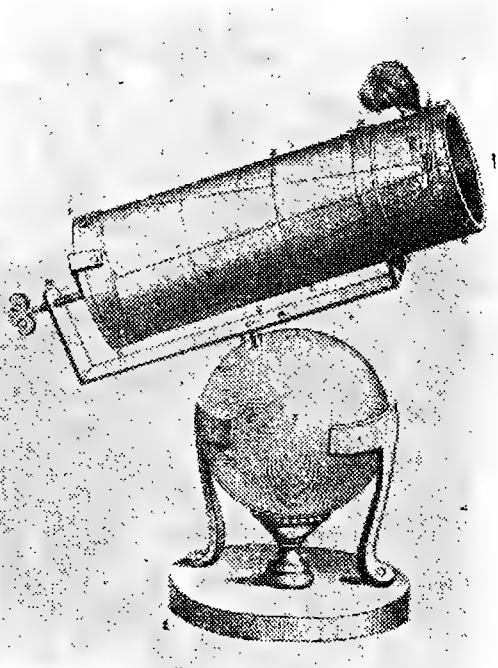
Societatea regală a devenit arena principală a luptei și a victoriilor științifice ale lui Newton. De la 30 noiembrie 1703 și pînă la sfîrșitul vieții, el a fost președintele acestei societăți.

Telescopul lui Newton a devenit curînd un obiect de mîndrie națională în Anglia și aparatul preferat al astronomilor englezi. Multe eforturi pentru perfecționarea lui s-au făcut de către Halley, încă din timpul cînd trăia Newton. El însuși a continuat să lucreze, cel puțin 10 ani, la îmbunătățirea aparatului. În *Optica* se menționează faptul că în 1681—1682 el a încercat să înlocuiască oglinda metalică cu un menisc de sticlă, acoperit cu mercur pe partea convexă. Telescopul-reflector a fost folosit cu mult succes pentru descoperiri astronomice foarte importante de W. Herschel, care a construit în 1789 un instrument, a cărui oglindă avea un diametru de 122 cm[1]. În secolul al XIX-lea, lordul Ross a construit un reflector și mai mare, cu o oglindă al cărei diametru a atins 182 cm. Cu ajutorul acestui telescop au fost descoperite, printre altele, nebuloasele spirale, adică universuri noi, corespunzătoare galaxiei noastre. În 1917, în S.U.A., pe Mount-Wilson, a fost instalat un nou reflector imens, construit de Ricci a cărui oglindă are un diametru de 2,5 m. Cu ajutorul acestui instrument s-au făcut cele mai remarcabile descoperiri astronomice

[1] Telescopul lui Herschel se deosebește de schemele lui Newton și schemele analoge ale lui Gregory și Kassengren, prin aceea că axul oglinzii reflectoare este puțin înclinat pe axul aparatului, ceea ce mărește partea reflectoare a oglinzii. O asemenea schemă a unui telescop-reflector a fost însă descrisă și realizată pentru întîia oară nu de către Herschel, ci de M.V. Lomonosov, în jurul anului 1762. Ca și Newton, Lomonosov cu ajutorul maiștrilor Kolotoșin, Kiriuška, Ignat, Grișka, al fierarului Andrei, a pregătit aliajul pentru oglindă, a șlefuit-o, a lustruit-o și a confecționat aparatul în întregime, care însă nu s-a păstrat.

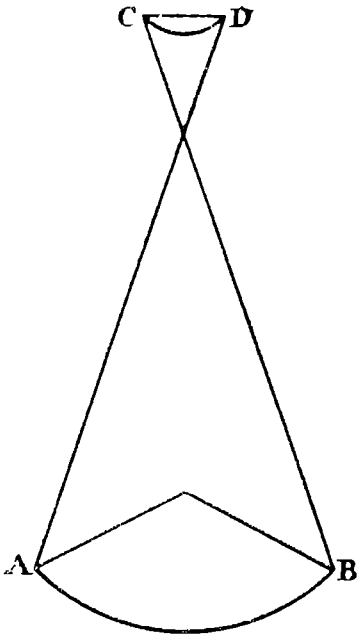


Telescopul-reflector al lui Newton ce se află la Societatea regală din Londra.



Schema telescopului-reflector al lui Newton, din care se vede clar construcția mecanică a aparatului.

din ultimii ani (de pildă, deplasarea universală a liniilor spectrale spre partea roșie a spectrului în nebuloasele spirale, care crește în proporție directă cu distanța acestor nebuloase față de galaxie). În sfîrșit, în 1940 s-a terminat construcția unui telescop-reflector uriaș la Observatorul Mount-Palomar, în S.U.A., cu o oglindă de 5 m. Al doilea război mondial a împiedicat experimentarea acestui nou aparat, care a trebuit să fie adăpostit într-o subterană adîncă împotriva eventualelor bombardamente ale aviației japoneze. Diametrul oglinzii noului telescop este de 200 de ori mai mare decît cel al aparatului lui Newton, iar suprafața lui, adică energia adunată de instrument, depășește de $200^2 = 40\,000$ de ori suprafața oglinzii lui Newton. Diferite considerente de ordin optic și constructiv au dus de mult la concluzia că, practic, este aproape imposibil și în orice caz nerațional să se construiască telescoape-reflectoare cu diametre mai



Schema microscopului-reflector al lui Newton.

mari de un metru; de aceea, în toate problemele astronomiei, pentru rezolvarea cărora sînt necesare telescoape cu orificii mari, reflectorul rămîne singura soluție. Succesul lui Newton n-a fost nici trecător și nici întîmplător; aparatul lui a determinat pentru cîteva secole una dintre principalele linii de dezvoltare a astronomiei instrumentale.

Prezentîndu-și telescopul, Newton a amintit și de posibilitatea construirii unui microscop-reflector. Schema unui asemenea microscop este arătată în figura alăturată. Microscopul-reflector a fost construit în 1827, de către opticianul italian Amici, însă pînă nu demult n-a avut vreo însemnătate practică, ci abia în zilele noastre, căci obiectivele de sticlă ale microscopului, corectate pentru aberația cromatică (așa-numitele acromate și apocromate), au prezentat avantaje însemnate. Numai în ultimul timp, cînd a apărut nevoia de microscoape care lucrează fără mutarea focarului în diferite regiuni ale spectrului, îndeosebi în acea a razelor ultraviolete și infraroșii, a trebuit să se revină la microobiective-reflectoare. Acestea au fost construite recent de Institutul optic de stat de la Leningrad.

Telescopul lui Newton poate fi considerat drept un preludiu la toată activitatea lui ulterioară.

Așa cum într-o uvertură, care precede o mare piesă muzicală, motivele principale se împletesc, tot astfel în telescopul lui Newton se pot urmări izvoarele tuturor direcțiilor principale ale gîndirii și activității sale științifice ulterioare.

Ocolirea aberației cromatice a constituit începutul tuturor cercetărilor optice ale lui Newton; căutarea

aliajului potrivit pentru oglinzi a contribuit, probabil, într-o măsură însemnată la cercetările sale chimice ulterioare și la competenta conducere a Monetăriei. Scopul direct al telescopului — lumea aștrilor — l-a atras pe Newton spre problemele de bază ale mecanicii cerești și ale astronomiei. În fine, munca sterilă cu suprafețele nesferice, care a precedat reflectorul, era legată în mod inevitabil de geometria secțiunilor conice și de problemele generale ale analizei.

După acest preludiu cu telescopul, s-au succedat fazele cele mai importante ale vieții științifice a lui Newton. La o săptămînă de la admiterea lui ca membru al Societății regale, el scrie următoarele rînduri semnificative secretarului societății, Oldenburg: „N-ați putea să-mi comunicați în apropiata dv. scrisoare, cît timp vor mai continua ședințele săptămînale ale Societății, căci eu doresc să supun aprobării Societății regale o comunicare asupra unei descoperiri în fizică, descoperire care m-a dus la construirea telescopului. Nu mă îndoiesc că acest referat va fi mai plăcut decît comunicarea despre aparat; căci după judecata mea, este vorba de cea mai remarcabilă, dacă nu și cea mai importantă descoperire care s-a făcut vreodată cu privire la fenomenele naturii".

La 6 februarie 1672 a fost citit în ședința Societății referatul lui Newton intitulat *Noua teorie a luminii și a culorilor.*

CAPITOLUL V

CURSURI DE OPTICĂ ȘI NOUA TEORIE A LUMINII ȘI A CULORILOR 1669—1672

Newton a păstrat pînă în 1669 tăcere asupra descoperirilor optice făcute de el între 1664—1668, la ferma din Woolsthorpe și la Trinity-College. El a încercat să le împărtășească studenților, în prelegerile ținute ca profesor la catedra Lucas, după plecarea lui Barrow.

Cum se desfășurau lecțiile tînărului profesor? Despre aceasta nu există informații; s-a păstrat doar o versiune că în perioada din jurul anului 1680, prelegerile sale nu se bucurau de succes și erau slab frecventate. Se spune că uneori Newton nu găsea pur și simplu auditori și se întorcea acasă.

În orice caz, prelegerile despre optică nu puteau fi înțelese cum se cuvine de auditori. O parte însemnată a prelegerilor consta în descrierea amănunțită a numeroaselor sale experiențe. În acea vreme nimeni nu se gîndea, bineînțeles, la posibilitatea de a ține cursuri cu demonstrații experimentale și, în afară de aceasta, nu exista vreo șansă de a avea, în timpul orelor de curs, razele solare necesare experiențelor. Nu-i rămînea decît să recurgă la desene și la explicații verbale. Descrieri de acest fel, alternate cu lungi demonstrații geometrice, care nu puteau fi înțelese dintr-o dată, păreau majorității studenților plicticoase și neinteligibile. Nu este deci de mirare faptul că prelegerile lui Newton n-au stîrnit interes și au rămas, probabil, fără rezultat. În orice caz, ele n-au contribuit la răspîndirea remarca-

bilelor descoperiri ale savantului, nici în Anglia și nici chiar la Cambridge.

Manuscrisul *Cursurilor de optică*, cu corectările lui Newton, în forma în care ele s-au ținut în 1669—1671, a fost conform obiceiului, depus la arhiva colegiului, iar copiile au fost difuzate și treptat studiate de un număr restrîns de persoane.

Cursurile au fost tipărite abia după moartea lui Newton. La început, în 1728, a fost publicată o traducere engleză a primei părți (matematice) a manuscrisului, iar în anul următor a apărut ediția latină a *Cursurilor de optică*[1]. O traducere completă a cursurilor într-una din limbile moderne n-a existat pînă azi, ceea ce a făcut ca această primă mare operă științifică a lui Newton să fie foarte puțin cunoscută.

În expunerea ulterioară a lucrărilor de optică ale lui Newton, noi ne sprijinim, firește, în special pe *Optica* (1704), o lucrare de maturitate. Dar multe lucruri din *Cursuri* nu s-au repetat în *Optica*, unele părți sînt interesante prin caracterul lor spontan și categoric și ele lipsesc din variantele ulterioare ale teoriei newtoniene a luminii. De aceea, pentru a avea o idee clară despre personalitatea științifică și caracterul tînărului Newton, este util să cunoaștem unele părți din *Cursuri*.

Tînărul profesor explică de ce, după cursul lui Barrow, sînt necesare prelegerile de optică: „Recenta invenție a telescoapelor i-a făcut pe majoritatea geometrilor să se perfecționeze în asemenea măsură, încît în optică n-a mai rămas nimic neexperimentat și nu mai este loc pentru noi descoperiri. Apoi, de atunci de cînd s-au formulat raționamentele auzite de dv. recent aici[2], cu toată varietatea problemelor optice și complexitatea noilor cunoștințe, încercarea mea de a face o nouă expunere a acestei științe poate părea o pierdere inutilă de energie și o muncă fără rost. Eu am observat însă că pînă acum geometrii au înțeles greșit însușirile luminii privind refracțiile; ei își bazau

[1] Traducerea rusă a *Cursurilor de optică* aparține autorului acestei cărți și a apărut în colecția „Clasicii științei".

[2] Este vorba de cursurile lui Barrow.

în mod tacit demonstrațiile pe o ipoteză fizică insuficient fundamentată. De aceea, consider că este util să supun principiile de bază ale acestei științe unei cercetări mai minuțioase și să adaug la cele expuse de predecesorul meu la această catedră, ceea ce am descoperit eu în optică și ceea ce s-a confirmat prin numeroase experiențe".

Cursurile se compun din două părți. În prima parte, intitulată *Despre refracțiile razelor de lumină*, se stabilește pe cale experimentală că refracția depinde de coloratia razelor și, mai departe, pe baza noii teorii, dezvoltate, a refracției, se expune optica geometrică a mediilor refractante. Newton urmează aici, în multe privințe, tradiția lui Barrow, referindu-se adeseori în note la cursurile lui. A doua parte a *Cursurilor*, intitulată *Despre originea culorilor*, are un caracter revoluționar. Aici, Newton pune bazele noilor principii ale teoriei fizice despre lumină și culori. Sînt remarcabile paginile introductive ale acestei părți. Pătrunse de o critică acerbă la adresa tradiției aristotelice, ele permit să înțelegem concepția și metoda tînărului savant. Aceste pagini, foarte importante din punct de vedere biografic, au scăpat din motive de neînțeles atenției cercetătorilor.

„Acei care ne-au învățat pînă acum despre culori o făceau fie formal, ca peripateticienii, fie că cercetau natura lor și cauzele care le generează, ca epicurienii și alți autori mai noi — spune Newton —. Chiar dacă ceea ce ne învățau peripateticienii cu privire la culori este exact, aceasta nu are, totuși, nici o însemnătate pentru scopul urmărit de noi, căci ei nu se refereau nici la modul cum iau naștere culorile, nici la cauzele varietății lor. Discutînd asupra originii și a diferitelor feluri de lucruri, ei atribuiau cauzelor care dau naștere transformării lucrurilor și deosebirilor între ele, forme diferite, dar despre cauzele și bazele vreunei forme oarecare sau în ce măsură se deosebește ea de alte forme, despre aceasta n-a vorbit nimeni niciodată. Astfel ei lăsau de o parte acel lucru, a cărui explicație este obiectul principal al strădaniei filozofilor și singurul care poate satisface rațiunea avidă de a cunoaște.

Totuși, pentru a nu expune această filozofie greșită, vom arăta numai că raționamentele ei, ca de pildă: formele au alte forme și însușirile au alte însușiri, sînt stupide și ridicole. Întrucît lumina este definită ca o însușire sau o formă, care dă ceea ce luminează, nu trebuie să ne așteptăm că vom auzi ceva despre cauzele luminii sau vreo explicație de ce există diferite lumini care produc diferite culori". Mai departe Newton citează părerea care există, precum am văzut, și în *Cursurile* lui Barrow și o infirmă fără efort.

„Se spune de asemenea — scrie el — că la unele culori este adăugată mai multă lumină decît la altele, însă aceasta este insuficient pentru a le obține, căci nici o culoare nu se obține din alb și negru, ci amestecate la un loc, nu dau decît culori negre intermediare, iar cantitatea de lumină nu schimbă felul culorii. Un corp roșu, de exemplu, pare întotdeauna roșu, atît pe înserate cît și la amiază". Am văzut că și la Barrow această părere este citată numai pentru exemplificare și cu ironie. Mai departe, Newton citează și infirmă părerea lui Aristotel că „culoarea este limita vizibilă într-un corp limitat", că „lumina este o însușire a transparentului, iar culoarea — limita lui". „Din toate acestea — scrie Newton — nu se poate înțelege cum se refractă lumina, de ce există culori deosebite, care este cauza apariției lor în perspective (adică în telescoape) și cum se poate evita acest inconvenient".

După ce termină cu peripateticienii, Newton trece la contemporani, adică la Marci, Descartes, Hooke și alții, fără a-i numi: „În ce privește părerea altor filozofi, ei afirmă că culorile iau naștere fie din amestecuri diferite ale umbrei cu lumină, fie din cauza rotației sferelor sau a oscilației unui oarecare mediu de eter, dacă considerăm că lumina ia naștere de la un impuls al mediului oscilant, transpus pe retina ochiului... Toate aceste păreri revin la eroarea comună, anume că modificarea luminii, care generează diferite culori, nu-i este proprie în virtutea originii sale, ci se dobîndește la reflexie sau refracție... Amestecul luminii și al umbrei, rotația sferelor sau diferitele oscilații ale mediului nu se presupun ca fiind proprii razelor

înainte de reflexia și refracția lor; se consideră că ele sînt generate de înseși aceste acțiuni. Peripateticienii deduc și ei originea culorilor din corpuri ale căror culori, afirmă ei, sînt însușiri. În ce măsură însă aceasta contrazice adevărul, rezultă cu prisosință din cele ce urmează. Eu am găsit că modificarea luminii, care dă naștere culorilor, este proprie luminii... și nu poate fi nimicită sau schimbată într-un mod oarecare". Enumerînd și expunînd pe scurt concluziile sale principale, la care vom reveni, Newton își încheie introducerea cu următoarele cuvinte remarcabile: „Eu nu văd vreun obstacol pentru a aborda cercetarea naturii culorilor, care era considerată a nu avea nici o contingență cu matematica... După cum astronomia, geografia, navigația, optica și mecanica sînt considerate științe matematice, căci în ele este vorba de obiecte fizice, cer, pămînt, corabie, lumină și mișcare locală, tot așa și culorile aparțin fizicii și știința despre ele trebuie considerată matematică, întrucît expunerea ei se face prin raționamente matematice... Sper să demonstrez prin acest exemplu ce înseamnă matematica în filozofia naturii și să incit pe geometri să cerceteze mai îndeaproape natura, iar pe cei însetați de științele naturii să învețe geometria, pentru ca cei dintîi să nu-și irosească tot timpul cu raționamente inutile pentru viața omului, iar cei din urmă, care pînă acum își îndeplineau cu conștiinciozitate munca bazată pe principii eronate, să se lămurească în speranțele lor; pentru ca geometrii care filozofează și filozofii care aplică geometria, în loc să întrebuințeze presupuneri și posibilități, să întărească știința naturii cu dovezi supreme".

Primele rînduri din citatele arătate, conținînd laude la adresa filozofiei epicuriene, ne îndreptățesc să ne așteptăm în continuare la o dezvoltare a concepției atomiste epicuriene a luminii. Așteptările însă nu se justifică. Newton dă la o parte cu dispreț savantlîcurile verbale ale peripateticienilor, respinge ipoteza lui Descartes și ipotezele ondulatorii ale lui Hooke, dar nu spune nici un cuvînt despre interpretarea atomistă a luminii. Nici aici, nici în alte locuri din *Cursuri* nu există vreun indiciu sau o aluzie cu privire la admiterea

de către Newton sau la preferința lui pentru vreo ipoteză asupra naturii luminii. În schimb, în pasajul final, citat mai sus, se proclamă necesitatea și posibilitatea teoriei matematice a luminii și a culorilor. Cum trebuie construită această teorie? Pentru a obține un răspuns la această întrebare, trebuie să consultăm *Cursurile* și operele de optică ulterioare ale lui Newton. La baza teoriei se află experiența precisă, pe care se sprijină axiomele sau principiile și care au același rol ca și axiomele în geometrie. Cu ajutorul lor se obțin apoi pe cale logico-matematică diferitele corolare, verificate la rîndul lor prin experiență.

Vom mai reveni la problema rolului ipotezelor și principiilor experimentale în activitatea științifică a lui Newton. Este util să subliniem aici încă o dată asemănarea între punctul lui de vedere și poziția lui Barrow. Pentru Barrow, toate ipotezele au fost deopotrivă arbitrare și el cita unele dintre ele numai pentru buna regulă („doar nu se poate fără ipoteze"). Spre deosebire de el, Newton rupe cu această regulă și încearcă să-și construiască știința în general fără ipoteze (adică fără presupuneri arbitrare, neconfirmate de experiență).

Din acest punct de vedere, *Cursurile de optică*, precum și *Optica* de mai tîrziu reprezintă o noutate nu numai prin conținutul lor, ci și în ce privește metoda.

Precum am mai spus, *Cursurile* n-au ajuns practic în cercurile științifice și, în 1672, Newton a fost nevoit să se adreseze Societății regale cu o comunicare specială, intitulată *Noua teorie a luminii și a culorilor*.

Acest memoriu al lui Newton, prezentat Societății la 6 februarie 1672, a demonstrat lumii pentru prima oară ce trebuie să fie fizica experimentală. Savantul a pus experiența să vorbească, să răspundă la întrebări și să dea răspunsuri din care decurgea „teoria". Comunicarea se termină cu cuvintele semnificative: „Eu nu voi confunda ipotezele cu certitudinile". Atît în această comunicare, cît și în *Cursuri*, Newton își clădește cercetările experimentale „după Euclid". „Postulatelor" formulate li se dă o demonstrație experimentală univocă. Din postulate decurg în mod logic „teore-

mele", verificate de experiență, și se pun „probleme" confirmate și ele de experiență. *Principiile de filozofie* ale lui Descartes încep cu o regulă înțeleaptă: „Pentru cercetarea adevărului trebuie o dată în viață, în măsura posibilului, totul supus îndoielii". Newton a urmat această regulă mai mult decît Descartes. În lucrările sale de optică și în *Principii*, știința începe parcă din nou, ca și cum pînă la Newton ea n-ar fi existat. Munca enormă, dar oarecum haotică, în domeniul teoriei culorilor, care s-a făcut pînă la Newton, este complet absorbită și estompată de cercetările sale optice.

Teoria la care a ajuns Newton, în urma variatelor sale experiențe, este exprimată în următoarele postulate ale primei sale comunicări:

„1. Razele de lumină se deosebesc prin capacitatea lor de a prezenta culori deosebite, precum se deosebesc și prin gradul lor de refringență. Culorile nu sînt, după cum se crede în mod obișnuit, transformări ale luminii care au loc la refracția sau reflexia lor în contact cu corpuri naturale, ci sînt însușiri primare, înnăscute ale luminii. Unele raze sînt capabile să producă numai culoarea roșie, altele numai culoarea galbenă, altele numai culoarea verde etc.

2. Unui anumit grad de refringență îi corespunde întotdeauna aceeași culoare și viceversa. Razele mai puțin refractate sînt capabile să producă numai culoarea roșie și, invers, toate razele care par roșii se deosebesc prin gradul cel mai mic de refracție. Razele cel mai mult refractate par violete și, invers, razele violete au refracția cea mai mare, și respectiv razele intermediare au grade intermediare de refringență. Această legătură între culori și gradul de refringență este atît de precisă și riguroasă, încît razele fie că se coordonează cu precizie între ele în ceea ce privește culoarea și gradul de refringență, fie că se deosebesc în același fel în ambele privințe.

3. Atît cît am putut să descopăr, felul culorii și gradul de refringență, proprii unui fel de raze, nu pot fi modificate nici de refracția, nici de reflexia de la corpuri, nici de vreo altă cauză. Cînd un anumit fel de

raze se deosebea de raze de un alt fel, el își păstra cu încăpățînare culoarea, cu toate sforțările mele de a o modifica. Eu le-am supus refracției în prisme și reflexiei de la corpuri care la lumina aceasta par de altă culoare, le-am trecut prin straturile subțiri, colorate, de aer, ce apar între două plăci de sticlă lipite una de alta, le-am trecut prin medii colorate și prin medii luminate de alte feluri de raze, dar n-am reușit niciodată să determin apariția la aceste raze a unei alte culori decît aceea care le-a fost proprie de la început. La concentrarea sau la difuzarea lor, ele deveneau mai vii sau mai slabe și, la pierderea multor raze, deveneau uneori cu totul întunecate, dar culoarea lor nu se schimba niciodată.

4. Modificări ale culorii se pot produce, în aparență, atunci cînd există un amestec oarecare de raze de diferite feluri. În asemenea amestecuri nu pot fi deosebiți componenții; influențîndu-se unii pe alții, ei formează o culoare intermediară. Dacă am separa, prin refracție sau printr-un alt mijloc diferite raze care se află în asemenea amestecuri, se vor obține culori deosebite de culoarea amestecului, însă aceste culori nu au apărut din nou, ci au devenit vizibile în urma separației. Bineînțeles, ca și prin descompunerea amestecului, tot astfel și prin contopirea culorilor simple se pot obține schimbări ale coloratiei; nici ele nu pot fi însă considerate ca transformări veritabile.

5. De aceea, trebuie să distingem două feluri de culori: unele primare și simple, iar altele compuse din acestea. Culorile primare sînt: roșu, galben, verde, albastru și violet, purpuriu, ca și portocaliu, indigo și o mulțime nedeterminată de nuanțe intermediare.

6. Aceleași feluri de culori, ca și cele simple, pot fi obținute prin amestec: căci amestecul galbenului cu albastrul dă verdele, al roșului cu galbenul dă portocaliul, al portocaliului cu galben-verde dă galbenul. Numai acele culori care se află în spectru la distanțe mari unele de altele nu dau culori intermediare: portocaliu cu indigo nu dă verde intermediar, roșu-închis cu verde nu dă galben.

7. Amestecul cel mai curios de culori îl reprezintă culoarea albă. Nu există vreun fel de raze care ar putea da singure culoarea albă: ea este întotdeauna complexă și, pentru a o obține, se cer toate culorile amintite în proporții juste. Am observat adeseori cu uimire cum toate culorile prismatice, concentrîndu-se și amestecîndu-se ca și în lumina care cade pe prismă, dădeau din nou o lumină curată și albă, care se deosebea vizibil de lumina directă a Soarelui numai atunci cînd sticlele întrebuințate nu erau absolut curate și incolore.

8. Prin aceasta se explică de ce lumina are de obicei o culoare albă; căci lumina este un amestec complicat de raze de toate felurile și culori emanate din diferitele părți ale corpurilor luminoase. Acest amestec complex pare alb, cînd ingredientele se află într-o proporție justă; dacă însă vreo culoare predomină, atunci lumina înclină către colorația respectivă, ca de exemplu în flacăra albastră a sulfului, în flacăra galbenă a lumînării și în diferitele culori ale stelelor imobile.

9. Astfel se explică cum iau naștere culorile în prismă.

10. De asemenea devine clar de ce în picăturile de ploaie apar culorile curcubeului.

11. Fenomenele ciudate observate în extracte de lemn de nefrită[1], în foița de aur, în bucățile de sticlă

[1] Această concluzie a lui Newton este eronată, dacă este vorba într-adevăr de acel extract, pe care observîndu-l, medicul spaniol Nicolo Monardes a descoperit, în secolul al XVI-lea, fenomenul fluorescenței. La lumină, extractul de lemn de nefrită pare de un galben-palid; dacă privim, însă, vasul cu extractul prin care trece lumina dintr-o latură, vom vedea clar o frumoasă culoare albastră difuzată. Observațiile lui Monardes au fost repetate cu succes de Grimaldi, Boyle și alții. Fluorescența este un fenomen de origine secundară, foarte complex. Absorbind lumina, substanța poate fi adusă într-o stare specială, însoțită de luminozitate. Aceasta este fluorescența. Lumina acesteia este întotdeauna deplasată spre partea roșie a spectrului, în raport cu lumina absorbantă. Eroarea concluziei lui Newton se explică, probabil, prin faptul că el a iluminat soluția cu o lumină care nu se absorbea sau se absorbea slab în soluție și nu dădea naștere fluorescenței. Studiul sistematic al fluorescenței a început abia la mijlocul secolului al XIX-lea, în lucrările lui Stokes.

colorată, care constau în faptul că ele par colorate diferit în diverse poziții, încetează de a mai fi misterioase; aceste substanțe reflectă lumina de un fel și lasă să treacă lumina de un alt fel, ceea ce se poate observa ușor dacă le luminăm cu o lumină omogenă simplă, într-o cameră întunecată. În acest caz, ele au întotdeauna aceeași culoare cu care sînt luminate, dar în unele poziții culoarea este mai vie decît în altele, în funcție de capacitatea mai mică sau mai mare de a reflecta sau a lăsa să treacă lumina care cade pe ele.

12. Tot astfel se explică și cauza acelui fenomen uimitor, despre care vorbește Mr. Hooke în *Micrografia* sa. Dacă am așeza unul în spatele altuia două vase transparente cu două lichide transparente, albastru și roșu, împreună ele apar absolut opace. Un vas lasă să treacă numai raze roșii, celălalt — numai raze albastre, de aceea prin ambele nu pot trece nici un fel de raze.

13. Aș mai putea adăuga multe exemple de acest fel, dar voi încheia cu o concluzie generală, că culorile corpurilor naturale se datoresc numai capacității diferite a corpurilor de a reflecta unele feluri de lumină într-o altă cantitate decît altele. Am demonstrat aceasta proiectînd culori simple pe corpuri într-o cameră întunecată.

După toate acestea, nu se mai poate discuta asupra faptului dacă există culori în întuneric și dacă ele sînt însușiri ale corpurilor pe care le vedem, sau, poate, lumina este un corp.

... După cum s-a văzut, cauza culorilor nu se află în corpuri, ci în lumină, și de aceea avem toate motivele să considerăm lumina ca o substanță... Nu este însă atît de ușor de a defini, în mod cert, ce este lumina, de ce se refractă ea și prin ce mijloace sau acțiuni provoacă ea în spiritul nostru noțiunea culorilor; eu nu vreau să confund aici ipoteza cu certitudinea".

Aceasta este celebra teorie a lui Newton, care conține numai către sfîrșit o aluzie ușoară asupra substanțialității luminii, aluzie întreruptă însă imediat prin refuzul de a confunda certitudinea cu ipoteza. Aceste

teze clare și extrem de bogate prin conținutul lor ale tînărului Newton se cuvin a fi citite cu atenție. În ele se manifestă pentru prima oară particularitățile metodei sale științifice solid construite.

Experiențele lui Newton cu prismele au devenit încă în secolul al XVIII-lea un obiect de predare în școli și sînt îndeobște cunoscute. Din nefericire, acest lucru nu corespunde realității: în locul faptelor și concluziilor deduse din ele, în majoritatea cazurilor, sînt răspîndite povești simpliste și, pur și simplu, inexacte. Newton, de pildă, n-a descoperit de loc culorile prismatice, după cum adeseori se scrie și, mai ales, se spune: ele au fost cunoscute cu mult înaintea lui; despre ele știau Leonardo da Vinci, Galileu și mulți alții; prismele de sticlă se vindeau în secolul al XVII-lea tocmai din cauza culorilor prismatice. Experiențele lui Newton sînt mult mai subtile și mai ingenioase decît se spune de obicei, iar concluziile lor sînt mai ample și mai importante decît se scrie în manuale.

Pentru a ilustra arta de experimentare a lui Newton, vom cita din *Cursuri* și din *Optica* descrierea cîtorva experiențe.

În capitolul al III-lea am amintit că, pînă la Newton, s-au făcut încercări de a lega culorile prismatice de marile dimensiuni unghiulare ale Soarelui (M. Marci). În *Cursuri*, avînd în vedere aceste presupuneri, Newton descrie amănunțit experiența asupra descompunerii prismatice a luminii planetei Venus. Lumina se concentra în telescopul de 7 picioare cu deschiderea mai mare de 2 țoli. Telescopul dădea o imagine reală a planetei pe hîrtie, la o distanță de 7 picioare. Dacă între țeavă și hîrtie se așeza o prismă, imaginea planetei se transforma într-o linie de peste 1/2 țol lungime. „Cred că același lucru se observă — scria Newton — la aștrii de prima mărime, ca de exemplu Sirius, în special dacă întrebuințăm o lentilă lată de 4 sau 6 țoli, care lasă să treacă multe raze". Această experiență a pus capăt în mod definitiv îndoielilor care au luat naștere cu privire la experiențele lui Newton în legătură cu dimensiunile unghiulare finite ale Soarelui și ar fi putut totodată să dea naștere, încă în secolul al XVII-lea, astrospectro-

scopiei. Din nefericire, astrospectroscopia, ca domeniu de cercetare sistematic, s-a dezvoltat abia în a doua jumătate a secolului al XIX-lea.

Pentru a demonstra „presupunerea" că lumina solară se compune din raze de diferite grade de refringență, Newton face, printre altele, și următoarea experiență, pe care o cităm după descrierea din *Optica*: „Am unit — scrie Newton — două prisme de aceeași formă, în așa fel, încît axele și fețele lor laterale să fie paralele și să reprezinte un paralelipiped. Cînd lumina Soarelui a pătruns în camera mea întunecată printr-un mic orificiu făcut în oblonul ferestrei, am așezat acest paralelipiped în fasciculul de lumină la o distanță oarecare de orificiu, într-o astfel de poziție încît axele prismelor au fost perpendiculare pe razele incidente care cădeau pe prima față laterală a uneia din prisme; aceste raze treceau mai departe prin cele două fețe adiacente ale ambelor prisme și ieșeau din ultima față laterală a celei de-a doua prisme. Deoarece această față era paralelă cu prima față a primei prisme, lumina emergentă era paralelă cu cea incidentă. Apoi, după aceste două prisme am așezat a treia prismă, care refracta lumina emergentă; prin această refracție, pe peretele opus se proiectau culorile obișnuite ale prismei. Am învîrtit apoi paralelipipedul în jurul axei lui și am stabilit că, atunci cînd fețele laterale adiacente ale celor două prisme deveneau atît de înclinate față de razele incidente încît toate razele începeau să fie reflectate de ele, atunci razele care au avut în prisma a treia cea mai mare refracție și care au luminat peretele cu lumina violetă și albastră dispăreau cele dintîi, grație reflexiei totale a luminii care trecea; celelalte raze rămîneau și colorau hîrtia în culorile lor — verde, galben, portocaliu și roșu, ca și înainte; la rotația ulterioară a celor două prisme, celelalte raze dispăreau unele după altele în ordine succesivă, tot ca urmare a reflexiei complete, în raport cu gradul lor de refringență. În consecință, lumina emergentă din cele două prisme se compune din raze cu refringențe diferite, căci razele cu un grad de refringență mai mare îi pot fi luate, pe cînd acelea cu un grad mic de refringență

rămîn. Dar această lumină, care trece numai prin suprafețele paralele ale celor două prisme, chiar dacă suferă unele transformări pe una din suprafețe în urma refracției, le pierde la a doua refringență pe cealaltă suprafață și, reconstituindu-se astfel în structura sa inițială, capătă același caracter și aceleași însușiri pe care le avea la început, înainte de a cădea pe prismă; de aceea și înainte de incidență lumina era de asemenea compusă din raze cu refringențe diferite, ca și după incidență.

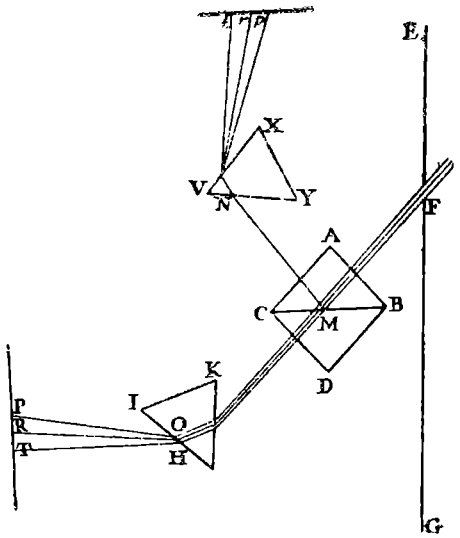
Această experiență frumoasă a lui Newton oferă o metodă comodă pentru împărțirea luminii solare în două jumătăți, compuse din raze cu refracție mai mare și cu refracție mai mică.

Metoda lui Newton poate fi aplicată la construcția filtrelor de lumină; în acest scop ea a fost aplicată cu un desăvîrșit succes de E.M. Brumberg în U.R.S.S. și, mai tîrziu, de Regener în Germania[1].

Newton analizează amănunțit și critic în *Optica* chestiunea purității spectrului și a metodelor pentru obținerea culorilor omogene; la sfîrșit, el descrie un dispozitiv, care nu este altceva decît colimatorul spectroscopului lui Fraunhofer. „În Fig. p. 67, F reprezintă un orificiu rotund în oblonul ferestrei, MN este lentila, care proiectează imaginea clară I, ACB este prisma prin care razele emergente din lentilă se refractă din I în pt, imaginea rotundă I se transformă în imaginea prelungită pt, care cade pe un alt ecran. Această imagine constă din cercuri, așezate unul lîngă altul în linie dreaptă; aceste cercuri sînt egale cu cercul I și corespund, deci, ca mărime, orificiului F; micșorînd orificiul, se pot micșora și aceste cercuri, fără a muta din loc centrele lor. În modul acesta, eu obțineam o imagine cu o lățime de 40 și chiar de 60—70 de ori mai mică decît lungimea... În locul unui orificiu F rotund, este însă mai bine să luăm un orificiu mai alungit, în forma unui paralelogram, a cărui

[1] În filtrul de lumină al lui E. M. Brumberg, intervalul dintre prisme se umple, în loc de aer, cu un lichid avînd un grad de dispersie corespunzător.

lungime este paralelă cu prisma ACB; căci dacă acest orificiu va avea o lungime de 1—2 țoli și o lărgime de 1/10 sau 1/12 țoli, ori chiar mai mică, atunci lumina imaginii pt va fi tot atît de simplă ca și înainte, sau și mai simplă, iar imaginea va deveni mult mai lată și va fi, deci, mai potrivită pentru experiențe ca înainte.

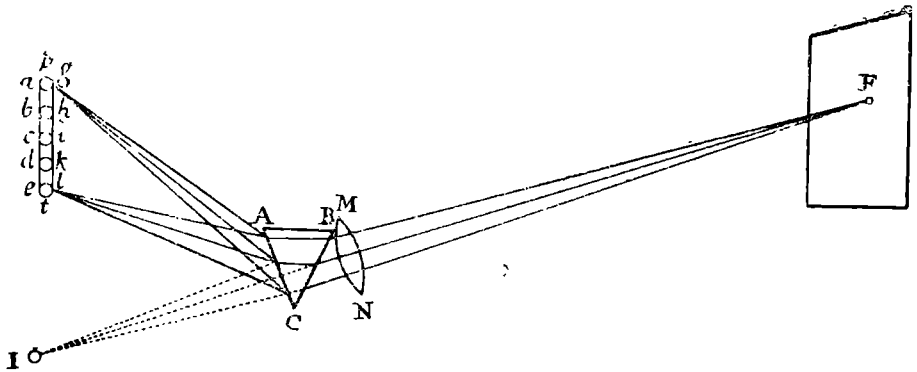


Schema experienței lui Newton cu separarea razei albe în două părți care, spectral, se completează reciproc (reprodus după Optica*).*

În locul unui astfel de paralelogram se poate lua un orificiu triunghiular cu laturile egale, avînd baza de 1/10 țoli și înălțimea de 1 țol sau mai mult. Dacă axa prismei va fi paralelă cu înălțimea triunghiului, atunci imaginea pt (Fig. p. 68) va fi formată din triunghiuri echivalente. Aceste triunghiuri arată unele interferențe la bazele lor, însă nu se ating la vîrfurile lor, și de aceea pe marginea mai clară a imaginii, unde se află bazele triunghiurilor, lumina este puțin amestecată, pe cînd la marginea întunecată, ea nu este de loc amestecată, și în toate locurile între marginile imaginii amestecul acesta este proporțional cu distanța dintre aceste locuri și marginea întunecată".

După citirea acestei pagini trebuie oare să ne mirăm de ce liniile întunecate de pe spectrul solar au fost descoperite pentru prima oară de Wollastone și Fraunhofer la începutul secolului al XIX-lea și nu de Newton în secolul al XVII-lea?

Din punctul de vedere al dezvoltării normale a științei, faptul acesta nu este, poate, atît de regretabil. Fenomene ca fluorescența sau liniile negre în spectrul solar trebuiau să pară pe vremea aceea în contradicție flagrantă cu concluziile clare ale lui Newton și ar fi constituit, poate, o piedică pentru recunoașterea con-



Schema instalației spectrale a lui Newton (reprodus după Optica).

cepțiilor sale și pentru normala lor dezvoltare. Multe etape din istoria științei au fost însoțite de o conștientă ignorare temporară a unor grupe de fapte și a unor domenii întregi de fenomene care complică problema.

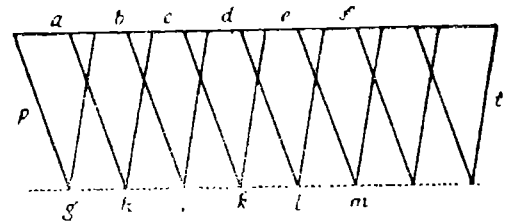
Pentru a dovedi complexitatea luminii solare, care este compusă din raze de refringență, Newton descrie, printre altele, următoarea experiență:

„Am lăsat să treacă lumina solară într-o cameră întunecată prin două mici orificii rotunde F și φ (Fig. de mai sus), făcute în fereastră, și prin două prisme paralele ABC și $\alpha\beta\gamma$, așezate alături de orificii; ele au refractat două fascicule de lumină spre peretele opus al camerei în așa fel, încît două spectre — pt și MN, proiectate pe perete, se atingeau cu capetele lor și se aflau pe o singură linie dreaptă, capătul roșu t al unei imagini atingînd capătul albastru M al celeilalte. Dacă așezăm o a treia prismă — DN, cruciș față de primele două, atunci două raze refractate se refractă lateral; spectrele pt și MN nu se află pe o singură linie dreaptă, atingîndu-se cu capetele, ca înainte, ci se depărtează unul de celălalt și devin paralele".

Metoda prismelor încrucișate, inventată de Newton, este aplicată și astăzi de opticieni. În modul acesta au cercetat Stokes spectrele de fluorescență, Kundt — așa-numita dispersie anomală, Wood spectrele de absorbție etc.

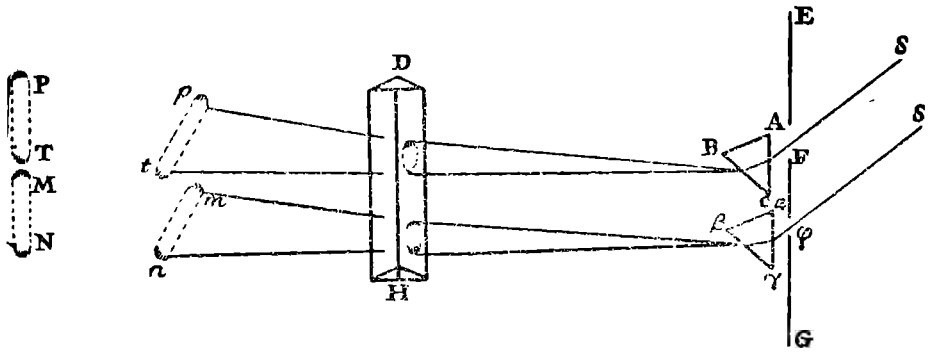
„Anatomia luminii albe" — după expresia lui Fontenelle — făcută de Newton a trasat un hotar categoric între senzația culorii și noțiunea simplei lumini monocromatice. Combinațiile variate la infinit ale diferite-

lor raze simple monocromatice pot provoca aceleași senzații de culoare; în consecință, culoarea nu definește în mod univoc simplitatea sau complexitatea razei de lumină. Pentru construirea „teoriei matematice a culorilor", Newton a legat în mod univoc raza simplă din punct de vedere fizic cu indicele ei de refracție în mediul transparent dat. Coloratia a devenit un indiciu fiziologic secundar. Newton vorbește cu prudență nu despre raze roșii sau albastre, ci despre raze „care creează culoarea roșie sau albastră" sau, mai exact, despre raze cu refracție mai mică sau mai mare.



Schema spectrului ce se formează la o fantă triunghiulară (reprodus după Optica*)*

Analogia obișnuită între sunet și lumină se năruie în acest punct. Unui sunet de un ton anumit, chiar dacă i s-au adăugat alte tonuri, mai puțin puternice, îi corespunde întotdeauna aceeași stare fizică (frecvența vibrațiilor acustice); culorii date însă îi poate corespunde o varietate infinită de stări fizice. Cu privire la culorile spectrale pure, rămîne totuși în vigoare analogia dintre sunet și culoare, și Newton a încercat chiar să stabilească o asemănare cantitativă între lungimile porțiunilor ocupate de intervalele gamei muzicale în limitele octavei. Se pare că el acorda o înaltă apreciere acestei analogii optico-muzicale: o întîlnim pentru prima oară în *Cursuri*, iar peste 35 de ani ea se repetă în *Optica*. În *Cursuri*, Newton face o oarecare aluzie la motivele acestei analogii: „Eu consider această distribuție drept cea mai bună — spune el despre împărțirea muzicală — nu fiindcă ea corespunde cel mai bine fenomenelor, dar pentru că ea conține, poate, ceva din armonia culorilor (pe care o cunosc pictorii, dar despre care eu însumi nu am o idee destul de precisă), asemănătoare poate cu armonia tonurilor. De aceea pare verosimilă asemănarea între extremul purpuriu (adică violetul) și roșul — capetele culorilor — și între capetele



Schema experienței lui Newton cu prisme încrucișate (reprodus după Optica*)*

octavei (care poate fi considerată drept unison)". Vorbind mai departe despre măsurătorile cantitative ale refracției, referitoare la limitele dintre culori în spectru, Newton observă cu scepticism: „De altfel, aceste determinări nu sînt strict geometrice și sînt numai aproximativ exacte în măsura în care o cere practica; ca să lucrăm asupra lor mai mult ar însemna, pe lîngă calcule plicticoase, să încurajăm o curiozitate lipsită de sens". De aici rezultă că Newton considera probabil analogia optico-muzicală, în cel mai bun caz, numai ca o relație empirică.

În această analogie este interesant, poate, numai faptul că într-adevăr spectrul vizibil ocupă aproximativ o octavă a oscilațiilor luminoase (frecvența culorii extrem-roșie în spectru este aproximativ de două ori mai mică decît frecvența oscilațiilor razelor extrem-violete vizibile). Avem în fața noastră un fapt destul de frecvent în istoria științei, cînd din premise vădit greșite decurg concluzii confirmate din punct de vedere cantitativ de fapte.

Obsesia pe care a exercitat-o asupra sa analogia între culorile spectrului vizibil și intervalele muzicale a constituit, probabil, una dintre cauzele principale ale unei alte afirmații greșite a lui Newton, care a avut consecințe fatale. După părerea lui, spectrele obținute din prisme confecționate din oricare material transparent au aceeași lungime, dacă unghiurile de refracție ale prismelor și refracția razei mijlocii a spectrului sînt

egale. Prisma poate fi din diferite feluri de sticlă, din apă și alte substanțe cu diferiți indici de refracție, dar în condițiile convenabil alese ale experienței, totdeauna trebuie să rezulte un spectru de aceeași lungime, iar diferitele porțiuni colorate vor ocupa același spațiu. Această afirmație a lui Newton poate fi exprimată matematic prin următoarea formulă a dispersiei:

$$n = A + \varphi(\lambda), \qquad (1)$$

în care n este indicele de refracție pentru culoarea dată, caracterizată prin variabila λ (lungimea de undă a luminii din teoria ondulatorie), A este o mărime constantă care nu este în funcție de λ, dar care variază de la substanță la substanță, $\varphi(\lambda)$ este o funcție oarecare a lui λ, care, după afirmația lui Newton, nu depinde de natura substanței și este determinată de analogia optico-muzicală amintită mai sus. În realitate, la majoritatea substanțelor transparente incolore, pentru partea vizibilă a spectrului, $\varphi(\lambda)$ se schimbă în raport cu natura substanței și indicele de refracție poate fi exprimat prin formula dedusă pentru prima oară din Cauchy, în prima jumătate a secolului al XIX-lea:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \ldots, \qquad (2)$$

în care $A, B, C, \ldots$ sînt mărimi constante, care diferă de la substanță la substanță. Este greu de înțeles cum n-a observat Newton, în timpul experienței, greșeala afirmației sale. Măsurătorile lui se caracterizau întotdeauna prin minuțiozitate și precizie; el lucra cu mai multe prisme de sticlă, precum și cu o prismă de apă.

Singura explicație a insuccesului experimental al lui Newton în această direcție nu poate fi decît un concurs fatal de împrejurări. Toate prismele sale de sticlă se deosebeau, probabil, puțin între ele în ce privește calitatea sticlei, iar la apa de ploaie, pe care o întrebuința în prisma de apă, Newton adăuga, după unele informații, „pentru limpezire", o mare cantitate de zahăr de plumb, care se dizolva parțial, mărind

astfel densitatea lichidului. Din formula dispersiei (1), el trăgea concluzia imposibilității acromatizării lentilelor și, în consecință, a zădărniciei încercărilor de a construi sisteme optice fără aberație cromatică. Newton s-a încăpățînat în afirmația sa greșită. Patru ani după publicarea primei sale comunicări, fizicianul Lucas din Liège a adus la cunoștința Societății regale, printr-o scrisoare, că a repetat experiențele lui Newton. Experiențele au fost executate de el cu multă grijă și au confirmat, în general, toate concluziile principale ale lui Newton. Deosebirea esențială a constituit-o însă următoarea diferență cantitativă: la Newton, lungimea spectrului la o prismă de 63°12′ a fost întotdeauna de 5 ori mai mare decît lățimea, în timp ce la Lucas, la o prismă de 60°, lungimea spectrului a fost numai de 3 sau $3\,^1/_2$ ori mai mare decît lățimea. În răspunsul său către Lucas, Newton încearcă să explice diferența prin mica deosebire a unghiurilor de refracție dintre prisma sa și prisma lui Lucas, și presupune că acesta n-a marcat poate destul de precis capetele întunecate ale spectrului. Aceste observații n-au putut, bineînțeles, să explice diferența simțitoare a lungimii spectrelor observată în experiență; Lucas a lucrat, fără îndoială, cu o prismă dintr-o sticlă de altă calitate decît Newton. Părerea acestuia însă a fost categorică și susținută cu îndărătnicie: „Știu — spunea el — că observațiile lui Lucas nu pot rămîne aceleași, dacă unghiul de refracție al prismei este de 60°, dacă ziua este senină, dacă se măsoară lungimea completă a culorilor și lățimea imaginii corespunde diametrului Soarelui. Eu sînt ferm convins de exactitatea și precizia observațiilor mele". Este greu să indicăm alte temeiuri teoretice ale părerii preconcepute a lui Newton, în afara analogiei optico-muzicale citată mai sus. El n-a mai revenit la problema dispersiei, repetînd în toate edițiile *Opticii*, apărute în timpul vieții sale, experiențele anterioare și menținîndu-se la vechea părere.

În 1729, curînd după moartea lui sir Isaac, Lure Holl a construit primul telescop-refractor acromatic, îmbinînd în obiectiv o lentilă convexă și una concavă

din sticlă de calități diferite, infirmînd astfel concepția lui Newton. Nu se știe cum a ajuns Holl la invenția sa. În orice caz, sticlele sale au fost șlefuite în așa fel, încît simultan se făcea corecția aberației de sfericitate și a celei cromatice. Holl n-a dat publicității invenția sa și ea a rămas fără efect asupra dezvoltării fizicii și astronomiei.

Un adversar teoretic al lui Newton în chestiunea dispersiei a fost, în secolul al XVIII-lea, academicianul Leonhard Euler din Petersburg. El s-a bazat pe greșita concluzie care pretindea că aberația cromatică ar lipsi în ochiul omenesc și a propus o nouă formulă a dispersiei. După această formulă, dispersia diferă în funcție de material și de aceea se pot alege lentile din sticle, la care erorile cromatice se compensează reciproc. Experiențele proprii ale lui Euler n-au dat rezultate, dar opticianul englez Dollond a reușit, în 1757, să construiască din combinația unei lentile convexe din sticlă grea *(flint)* cu o lentilă concavă din sticlă ușoară *(crown)* un obiectiv cu o aberație cromatică foarte mică. După succesul lui Dolland, Euler a propus numeroase combinații acromatice pentru diferite instrumente optice și afirmația lui Newton cu privire la imposibilitatea creării opticii acromatice a fost definitiv infirmată.

Newton a demonstrat în mod ireproșabil că pentru o substanță dată există raze de lumină cu grade de refringență diferite, iar între refringență și colorație există o legătură determinată. Pentru a lămuri cauza deosebirilor de dispersie, Newton n-avea însă o bază teoretică suficientă.

Problema dispersiei a căpătat o rezolvare principială abia atunci cînd teoria ondulatorie a luminii s-a încetățenit definitiv și a luat naștere ideea că substanța conține în sine „rezonatoare", care reacționează prin oscilațiile lor la undele de lumină la fel ca și clopotul care începe să oscileze și să emită un sunet cînd sună clopotnița vecină. Rezonatorul se caracterizează prin „oscilații proprii", determinate de însușirile lui, elasticitate și inerție, tot așa după cum perioada oscilațiilor proprii ale pendulului este determinată de lungimea lui și de accelerația gravității. Dacă lumina se

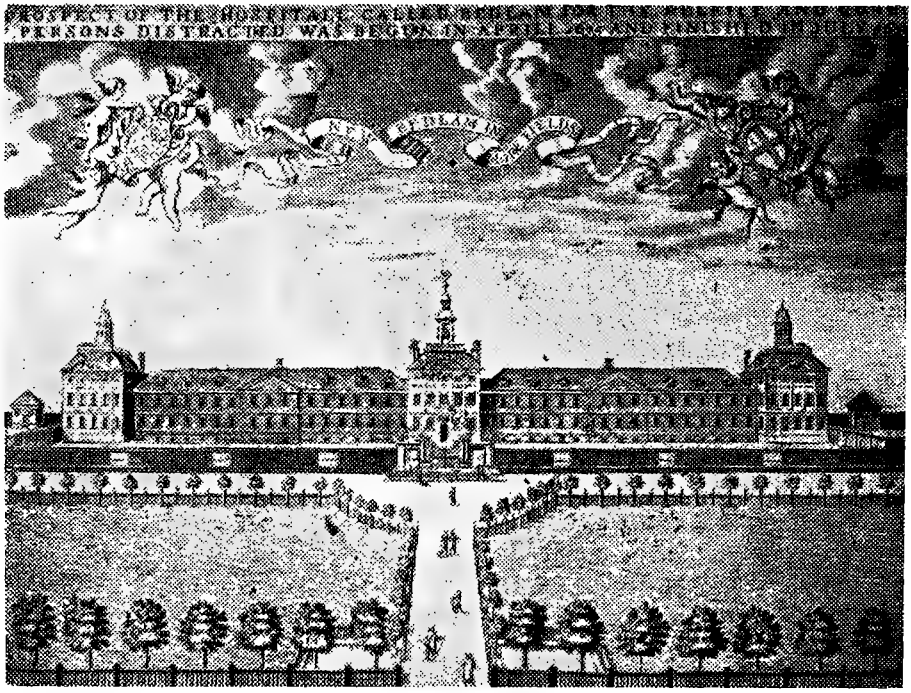
propagă printr-un mediu cu astfel de rezonatoare, viteza ei de fază se schimbă în raport cu relația dintre lungimea de undă a luminii λ și lungimea de undă λ_0, care corespunde oscilațiilor proprii ale rezonatorului. La mijlocul secolului trecut, Sellmeyer a rezolvat cel dintîi această problemă și a obținut următoarea formulă pentru raportul vitezelor luminii în spațiu și într-un corp, adică pentru indicele de refracție:

$$n^2 = 1 + n - \frac{D\lambda^2}{\lambda^2 - \varphi_0^2} \qquad (2)$$

în care n este indicele de refringență, D este o mărime constantă proporțională cu numărul rezonatoarelor în unitatea de volum, λ este lungimea de undă a luminii incidente (care caracterizează coloratia), λ_0 este lungimea de undă proprie rezonatorului. Această formulă concordă perfect, în linii generale, cu experiența (cu excepția regiunii spectrului, imediat vecină cu λ_0) și, în liniile ei fundamentale, și-a păstrat însemnătatea pînă în zilele noastre. Consecința ei cea mai curioasă, confirmată de experiență, este necesitatea existenței într-un corp a așa-numitei dispersii anomale la care ordinea consecutivă obișnuită a culorilor în spectru se răstoarnă (de exemplu, culoarea violetă se poate plasa între culoarea verde și cea albastră). Pentru unele culori, substanța dată trebuie să aibă, după formula (2), un indice de refracție sub 1, ceea ce s-a confirmat de asemenea pentru razele Röntgen. Căzînd dintr-un spațiu gol pe sticlă, aceste raze, după cum a arătat A. Compton, suferă de o reflexie totală. Toate aceste concluzii derivă din ideile despre rezonanța dintre oscilațiile luminoase și particulele substanței. Pe vremea lui Newton, teoria ondulatorie era încă în fașă și într-o formă neconcretizată; precum vom vedea, Newton însuși, acordînd prețuirea cuvenită teoriei ondulatorii, avea față de ea o atitudine mai curînd negativă decît binevoitoare.

POLEMICA LUI NEWTON CU HOOKE ȘI ALȚII ÎN JURUL LUCRĂRILOR OPTICE IPOTEZA LUI NEWTON DESPRE LUMINĂ 1672—1675

Telescopul-reflector al lui Newton s-a înfățișat în fața lumii științifice de atunci ca un fapt împlinit. A apărut un instrument gata construit, mai mult sau mai puțin perfect, și discuția în jurul lui se putea referi numai la prioritatea sau la finalitatea lui, ori la modificarea unor detalii. Aceste discuții s-au terminat repede. Cu totul altfel a fost întîmpinată lucrarea *Noua teorie a luminii și a culorilor*, care reprezenta într-o anumită măsură premisa telescopului-reflector. Ideea despre complexitatea luminii albe, descoperirea culorilor simple, delimitarea categorică a coloratiei fiziologice de cea fizică și, în fine, legătura indestructibilă dintre gradul de refracție și culoare au constituit pentru contemporanii lui Newton lucruri cu totul noi și neașteptate. Inevitabila inerție intelectuală în asimilarea unei noi concepții a fost însoțită de o lungă și crîncenă luptă. Primind memoriul lui Newton, Societatea regală a ales o comisie de trei persoane: astronomul Set Ward, Boyle și Hooke, pentru examinarea manuscrisului trimis. Peste cîteva zile, Hooke și-a depus avizul motivat amănunțit. Ulterior, Hooke a avut un rol de mare însemnătate în viața lui Newton, în calitate de critic și opozant al acestuia, și descrierea vieții lui Newton nu poate fi concepută fără a da unele informații despre acest om remarcabil.



Vedere din Londra de pe vremea lui Newton. Aspectul spitalului Bedlam, construit după proiectul lui R. Hooke.

Robert Hooke, fiu de preot, s-a născut în 1635 și a murit în 1703; el a studiat la Universitatea din Oxford, specializîndu-se în astronomie la Set Ward, și a lucrat cîțiva ani cu Boyle, ajutîndu-l în celebrele sale cercetări asupra compresiunii aerului. În 1663, Hooke a fost chemat la Societatea regală ca „experimentator". El trebuia să pregătească și să demonstreze în ședințele societății diferite experiențe, atît ale lui proprii, cît și experiențele altor persoane, pe care le repeta și le verifica. Demonstrațiile lui Hooke constituiau baza ședințelor societății; fără ele societatea n-ar fi putut dobîndi o asemenea celebritate. După un biograf modern al lui Hooke, nu vom exagera dacă-l vom numi creatorul ei de fapt.

Hooke era fizician, chimist, astronom și totodată un arhitect talentat, după proiectele căruia au fost construite la Londra o serie de imobile, instituții și biserici (între altele, și celebrul spital Bedlam). Era un om cu o fantezie originală și un spirit inventiv. Vioiciunea inteligenței sale, legată de un caracter

foarte nestatornic, de lipsa de fermitate și perseverență și de un amor propriu bolnăvicios, i-au fost fatale. Aproape nici una dintre invențiile lui, nici o idee, nici o experiență nu au fost duse pînă la capăt, ci părăsite la mijlocul drumului. Mereu apăreau neînțelegeri, ofense, invidii, certuri pentru prioritate, care îi amărau viața. Aproape orice savant contemporan talentat devenea un dușman al lui Hooke, pentru că activitatea lui în știință și tehnică era atît de multilaterală, încît mereu erau atinse probleme cercetate într-un fel sau altul de el; de aceea izbucneau certuri în jurul proprietății și chiar acuzații de plagiat. Graba permanentă în muncă și necunoașterea literaturii științifice a vremii sale îl duceau adeseori pe Hooke la descoperirea unor fapte deja cunoscute. Unii biografi, repetîndu-i greșeala, îl acuzau pe Hooke de plagiat conștient; învinuirile aveau însă prea puțin temei. Hooke era atît de talentat și multilateral, încît nu ne putem îndoi de originalitatea majorității experiențelor, ideilor și invențiilor sale.

El este autorul celebrei *Micrografii* (1665), care ocupă un loc important în istoria opticii fizice și a microscopiei. De numele lui sînt legate primele cercetări temeinice ale culorilor lamelor subțiri, cărora le-a dat o interpretare bazată pe teoria ondulatorie a luminii. Hooke a explicat diferitele interacțiuni ale undelor luminoase la întîlnirea lor, prin diferența de înclinare a suprafețelor de undă față de direcția razelor. Noțiunile de lungime de undă și de fază îi erau încă necunoscute. Independent de Grimaldi, deși mai tîrziu decît acesta, Hooke a descoperit fenomenul difracției, al curbării luminii la trecerea ei lîngă marginea ascuțită a unui ecran (brici). Lui Hooke îi aparțin primele elemente ale teoriei gravitației și ale teoriei arderii care se apropie de teoriile contemporane; el a descris pentru prima oară structura celulară a plantelor, el este autorul „legii lui Hooke" în teoria elasticității, și a introdus temperatura de congelare a apei ca punct termometric fundamental.

Printre numeroasele invenții ale lui Hooke putem cita ceasornicul cu resort, areometrul, lanternele de

proiecție, aparatele pentru cercetarea fundului mării, termometrul minimal, pluviometrul etc.

În 1935 a fost publicat un voluminos jurnal al lui Hooke, care cuprinde o perioadă de 18 ani (1662—1680). Jurnalul conține însemnări foarte scurte, din care însă ne putem face o idee despre varietatea preocupărilor și intereselor lui Hooke și despre vastele sale relații sociale. Sociabilitatea lui Hooke se reflectă, printre altele, și în frecventarea asiduă a cafenelelor și bodegilor, dintre care peste o sută sînt menționate în jurnalul său.

Prin formația sa intelectuală, prin felul de viață și prin caracterul său, Hooke era opusul lui Newton, care era perseverent, închis, răbdător, extrem de consecvent, capabil să ducă orice muncă pînă la capăt și să aștepte decenii pînă la publicarea lucrărilor sale, avea o judecată precisă, matematică și era corect și scrupulos în experiențe. Destinul a pus față în față aceste două personalități contradictorii la Societatea regală și ciocnirea dintre ele a fost inevitabilă.

În avizul său asupra memoriului lui Newton, Hooke confirmă, în cîteva rînduri, precizia și eleganța experiențelor acestuia și se declară de acord cu justețea lor. El ridică însă obiecții împotriva afirmației că ipoteza, dedusă de Newton, din experiențe, ar fi justă și în orice caz unică. După părerea lui experiențele lui Newton se explică prin teoria sa ondulatorie. El nu este de acord cu afirmația că culoarea este o însușire inseparabilă, primară a razelor. A afirma că toate culorile sînt conținute ca atare într-o simplă rază de lumină ar fi, după Hooke, același lucru ca și cum am susține existența tuturor tonurilor sonore în aerul care se află în orgă sau în coardă, din care ele se obțin prin apăsări și percuție. Descompunerea luminii albe în prismă este determinată, după Hooke, de perturbarea mișcării ondulatorii simple în prismă.

Observațiile lui Hooke, expuse într-o formă concisă și slab fundamentată, conțineau o singură obiecție foarte importantă și justă cu privire la concluziile lui Newton, și care a fost înțeleasă și unanim admisă abia după două secole. Se poate oare considera indis-

cutabil, cum o făcea Newton, și derivînd în mod univoc din experiență, faptul că lumina albă a Soarelui sau a altor corpuri luminoase este un amestec mecanic al unui număr infinit de culori simple, care se compun și devin un întreg numai în ochi? În ciuda afirmației lui Newton, răspunsul depinde în mare măsură de ipoteza care se face cu privire la *natura luminii*. Dacă considerăm lumina ca un curent de particule, emise în toate direcțiile de corpul luminos (teoria emisiunii), atunci diversele culori pot corespunde numai diferitelor particule de lumină și lumina albă va fi rezultatul acțiunii concomitente a diferitelor particule — ea va fi un amestec al culorilor spectrului.

Chestiunea se pune altfel în teoria ondulatorie a luminii. Este oare necesar a considera lumina albă ca un amestec al oscilațiilor „regulate" armonioase, sau aceste oscilații „regulate" sînt rezultatul descompunerii unei oarecare mișcări ondulatorii complexe (impulsul) care corespunde luminii albe? Zgomotul obținut prin lovirea tobei cu un băț nu este, desigur, un sunet muzical pur și armonios, dar nimerind pe coardele unui pian deschis, el produce o rezonanță la unele coarde și se descompune astfel în tonuri pure. Din contră, orice zgomot poate fi reprodus artificial dacă facem să sune dintr-o dată mai multe instrumente cu tonuri pure. În 1880—1890 au apărut aproape concomitent lucrările lui Guy, Reyleigh, Schuster și alții, care au demonstrat că lumina albă, din punctul de vedere al teoriei ondulatorii, poate fi considerată, cu același drept, fie ca o sumă a oscilațiilor regulate simple (culorile spectrului), fie ca o mișcare complexă, care se descompune de către prisma-„analizor" în oscilații regulate. În vremea aceea era mai rațional să se creadă că lumina albă a Soarelui și a altor surse de lumină este un „zgomot" natural și nu o consonanță artificială a unor „tonuri", pure, astfel încît Hooke a fost mai aproape de adevăr decît Newton.

De cînd s-a descoperit însă natura cuantică a luminii, concepția lui Newton a dobîndit din nou unele drepturi la existență. În conformitate cu noțiunile noastre moderne, energia luminii este concentrată în centre

monocromatice — cuante luminoase sau fotoni. Energia fiecărui foton este întotdeauna egală cu $h\nu$, în care ν reprezintă frecvența monocromatică a oscilațiilor luminoase (adică numărul oscilațiilor pe secundă) și h — o mărime constantă egală cu $6{,}62 \cdot 10^{-27}$ erg.s. Lumina albă — spectrul continuu — este suma, amestecul fotonilor de diferite frecvențe. La prima privire s-ar părea că o asemenea afirmație suferă de o contradicție internă. Într-adevăr, dacă fiecare foton posedă o energie finită, atunci cum se poate constitui din acești fotoni un spectru continuu cu diferite frecvențe, al căror număr este infinit? Rezolvarea acestui paradox constă în următoarele: dacă s-ar fi putut observa lumina de la o sursă foarte mică și în cursul unui timp destul de scurt, spectrul ni s-ar fi prezentat compus din linii și bande separate. Din cauze legate în special de însușirile ondulatorii ale luminii, aceste linii nu pot fi infinit de subțiri. În afară de aceasta, în cazul luminii albe aspectul spectrului trebuie să se schimbe rapid și dezordonat. Astfel, ceea ce se numește lumina albă sau spectru continuu, este în realitate o medie statistică a spectrelor discontinue, a căror compoziție se schimbă în timp în mod dezordonat.

Newton a răspuns lui Hooke abia peste 6 luni. Răspunsul a fost întocmit cu o mare măiestrie polemică și Newton a trebuit să se pronunțe asupra unor chestiuni foarte importante. El a știut să folosească toate tezele slab fundamentate ale lui Hooke și să ocolească în mod abil esențialul. Newton și-a exprimat atitudinea față de teoria ondulatorie a luminii, subliniind toate avantajele ei și relevînd totodată ceea ce considera ca lipsa ei principală. El a schițat pentru prima oară schema unei teorii de compromis, care îmbină însușirile ipotezei corpusculare și ale celei ondulatorii.

„Este just — spune Newton — că din teoria mea eu trag concluzia despre caracterul corpuscular al luminii, dar eu n-o fac într-o formă absolută, ceea ce rezultă din faptul că folosesc cuvîntul «poate». Această concluzie este, în cazul cel mai bun, numai o consecință foarte probabilă a doctrinei mele și nu o premisă de bază.

...Să presupunem chiar, că insist cu îndîrjire asupra acestei ipoteze; dar nici în acest caz, eu nu înțeleg totuși de ce adversarul meu se ridică cu atîta tărie împotriva ei: această ipoteză este mai aproape de a sa, decît crede el. Oscilațiile eterului sînt la fel de utile și de necesare în ambele ipoteze. Dacă vom presupune că razele de lumină se compun din mici particule emise în toate direcțiile de corpul luminos, atunci, ajungînd pe suprafețe refringente sau reflectoare, ele trebuie să provoace în eter oscilații, tot atît de inevitabil ca și o piatră aruncată în apă. Dacă vom presupune că aceste oscilații au o lățime sau o grosime diferită, în raport cu viteza sau mărimea razelor corpusculare care le-au provocat, atunci utilitatea acestor oscilații pentru explicarea reflecției și refracției luminii, a căldurii generate de către razele solare, a emisiei de lumină de către corpuri incandescente, aflate în putrefacție sau altele, ale căror particule sînt într-o mișcare intensă, pentru explicarea culorilor peliculelor subțiri transparente și ale baloanelor de săpun și ale altor corpuri naturale, pentru explicarea văzului, a diferitelor culori, a armoniei și disarmoniei lor, nu va scăpa atenției acelora care consideră utilă munca pentru a aplica ipoteza la explicarea fenomenelor.

...Particulele oscilante ale unui corp luminos provoacă, în funcție de diferitele lor mărimi, de forma și mișcările lor, oscilații în eter, de adîncime sau grosime diferită. (Cum se va vedea mai departe, Newton denumește adîncimea sau grosimea oscilației, ceea ce se numește azi lungime de undă — *S.V.*). Dacă aceste oscilații trec, fără a se despărți, printr-un mediu oarecare în ochiul nostru, ele provoacă senzația de lumină albă, iar dacă ele se separă unele de altele, în raport cu mărimile lor inegale, atunci ele vor provoca senzația diferitelor culori; oscilațiile cele mai mari vor provoca senzația de roșu, iar cele mai mici sau scurte — de violet închis; oscilațiile intermediare vor provoca culori intermediare. Este firesc să presupunem că oscilațiile cele mai mari sînt cele mai adaptate pentru a învinge rezistența suprafețelor refractare; de aceea ele trec avînd cea mai mică refracție. Astfel, din această

ipoteză decurge de la sine refracția diferită a diferitelor culori. Amintind în treacăt despre această explicație ipotetică a dispersiei, Newton trece apoi la explicarea culorilor lamelor subțiri: „Conform acestei ipoteze — spune el — este clar, fără alte explicații, că va depinde numai de grosimea peliculei subțiri transparente sau a balonului de săpun, dacă oscilația se va reflecta de la suprafața posterioară a peliculei sau va trece în exterior, astfel încît diferitele culori vor fi lăsate să treacă sau se vor reflecta, în funcție de diferitele grosimi ale peliculei. Oscilațiile care dau naștere culorii albastre și violete sînt mai scurte decît acelea care dau naștere culorii roșii sau galbene; de aceea ele trebuie să se reflecte la o grosime mai mică a peliculei etc...

Mi se pare că toate acestea sînt consecințele clare, elementare și necesare ale acestei ipoteze și ele concordă atît de bine cu teoria mea, încît, dacă adversarul meu le consideră juste, el nu trebuie să se teamă că ipoteza lui se va nărui. Nu știu însă cum poate el să-și apere ipoteza împotriva celorlalte greutăți. După părerea mea, nu este admisibilă teza sa principală, după care undele sau oscilațiile unui lichid se propagă în linii drepte, fără a devia și fără a se propaga în acele direcții din mediul liniștit, de care sînt mărginite. Sau mă înșel eu profund, sau experiența și observația duc la o concluzie contrarie".

I-a rămas lui Newton „trista" faimă — așa cel puțin fusese considerată în secolul al XIX-lea — de a fi creatorul și apărătorul fervent al teoriei corpusculare sau emisioniste a luminii. Cuvintele citate ale lui Newton demonstrează, în mod elocvent, că printre contemporanii săi n-au existat fizicieni, inclusiv Hooke și Huyghens, care să-și fi reprezentat atît de clar întreaga utilitate a teoriei ondulatorii și trăsăturile ei fundamentale. Obiecția principală a lui Newton împotriva teoriei ondulatorii, dată la sfîrșitul citatului și care se reduce la imposibilitatea de a explica propagarea rectilinie a luminii, a fost înlăturată abia de Fresnel, după 150 de ani, cu ajutorul principiului interferenței. Huyghens a explicat propagarea rectilinie a luminii pe baza teoriei ondulatorii, într-un mod

evident greșit. Newton formulează o ipoteză de compromis, folosindu-se de avantajele concepției emisioniste și ondulatorii. Vom vedea mai departe cum au evoluat aceste concepții inițiale ale lui Newton.

Aproape concomitent cu Hooke s-au pronunțat împotriva teoriei lui Newton și alți critici: Huyghens, iezuiții Pardis, Linus și alții. Huyghens a încercat, fără succes, să apere posibilitatea compunerii luminii albe din galbenă și albastră. Obiecțiile lui Pardis se bazau pe faimoasele dimensiuni finite ale discului solar, despre care am vorbit mai sus; Linus repeta cu stîngăcie experiențele lui Newton.

Paralel cu critica deschisă au existat și critici camuflate. Flamsteed, care avea titlul de „astronom al regelui" (vom mai reveni la el în repetate rînduri), și-a exprimat îndoiala, într-o scrisoare către Collins, asupra justeței concluziilor lui Newton. Au fost, evident, și oameni care au înțeles și au apreciat lucrările lui Newton. James Gregory scria lui Collins: „Am fost extrem de uimit de experiențele lui mister Newton; după toate aparențele, ele vor provoca mari schimbări în întreg sistemul filozofiei naturii în cazul cînd faptele sînt exacte, lucru de care nu mă îndoiesc".

Newton s-a antrenat în polemică, a trebuit să scrie criticilor scrisori lungi, care treceau prin mîinile secretarului Societății regale — Oldenburg. Îl iritau obiecțiile nefondate, era jignit cînd concluziile sale erau calificate ipoteze — cuvînt pe care nu-l suferea. „Știți — scria el lui Oldenburg — că adevărata metodă de a descoperi însușirile lucrurilor constă în a le deduce din experiență. V-am mai spus că teoria mea este concludentă pentru mine... nu numai pentru că sînt infirmate toate presupunerile contrarii, ci și pentru că decurge din experiențe pozitive și hotărîtoare".

Răspunzînd pentru a doua oară iezuitului Pardis prin intermediul lui Oldenburg, Newton repetă din nou, iritat: „Trebuie să observ, înainte de toate, că teoria mea despre refracția luminii și despre culori

constă exclusiv în determinarea unor însușiri ale luminii fără a emite vreo ipoteză despre originea ei.

Metoda cea mai bună și mai sigură în cercetarea naturii este, înainte de toate, descoperirea și determinarea pe baza experienței a însușirilor acestor fenomene, iar ipotezele cu privire la apariția lor pot fi trecute pe al doilea plan. Aceste ipoteze trebuie să fie subordonate naturii fenomenelor și nu să caute să și-o subordoneze pe aceasta din urmă, ocolind demonstrațiile experimentale. Iar dacă cineva formulează o ipoteză numai pentru că ea este posibilă, nu văd cum se poate determina ceva cu precizie în vreo știință; se pot inventa ipoteze mereu noi, care dau naștere unor greutăți noi".

Newton repetă apoi ceea ce spunea încă profesorul său Barrow în *Cursuri de optică*: „Eu consider drept lumină orice esență sau forță (fie substanță, fie orice forță, acțiune sau însușire a acestei substanțe) care, propagîndu-se de la un corp luminos în linie dreaptă, oferă posibilitatea vederii".

Toate aceste încercări de a se pune la adăpost cu ajutorul experienței infailibile și a matematicii, nu l-au salvat însă pe Newton de noi obiecții și polemici. Criticii recurgeau la argumentul inevitabil despre dimensiunile finite ale discului solar (Pardis), despre influența norilor asupra experiențelor și măsurătorilor lui Newton (Linus) și în cele mai multe cazuri repetau prost și neglijent experiențele lui, astfel încît era nevoit să dea multe explicații și să facă îndreptări. Newton se încredința din ce în ce mai mult de superioritatea sa în arta experimentării. Astfel se explică, probabil, că n-a dat atenția cuvenită nici experiențelor lui Lucas din Liège, care se deosebeau de celelalte prin minuțiozitate și originalitate.

Despre viața lui Newton din acești ani (1672—1676) ne-au parvenit doar informații fragmentare. Preocupările lui erau foarte multilaterale. Pe lîngă cursurile de optică pe care le-a predat, el a scris un supliment la traducerea algebrei lui Kingeisen, răspîndită pe atunci. A ținut un curs de geografie și, în legătură cu

aceasta, a editat un curs de geografie al lui Varenius[1], anexîndu-i un supliment propriu. Din nefericire, nici pînă astăzi n-au fost încă studiate sensul și proporțiile prelucrării efectuate de Newton la editarea acestei cărți cunoscute. Din catalogul, care s-a păstrat, al bibliotecii lui Newton, se știe doar că el a citit foarte mult în domeniul geografiei, printre altele, și lucrări de geografie a Rusiei.

În primăvara anului 1673, la concursul de la catedra de drept civil la Trinity-College (*low-felowship*) s-a prezentat și Newton, dar a fost preferat un alt candidat (din considerente de specializare). Avînd în vedere, probabil, expirarea — după regulile uzuale — a dreptului său de membru al colegiului în 1675, Newton a încercat în felul acesta să-și asigure această catedră.

S-au păstrat cîteva scrisori ale lui Newton din perioada 1672—1675, care confirmă enervarea și deprimarea de care a fost cuprins în această perioadă. În scrisoarea către Oldenburg de la 8 martie 1673, Newton se adresează secretarului Societății regale cu ciudata rugăminte de a fi șters din lista membrilor acesteia; cererea este motivată prin inutilitatea rămînerii lui în cadrul Societății și imposibilitatea pentru el de a lua parte la ședințe din cauza distanței între Londra și Cambridge. Din fericire pentru Societate, Oldenburg a reușit să-l convingă să-și retragă cererea, iar peste doi ani Newton a fost scutit de cotizația lunară obligatorie de 1 shilling. În scrisoarea următoare, din 23 iunie 1673, Newton îi scrie lui Oldenburg că nu mai vrea să se ocupe de științele naturale și refuză să mai răspundă la articolele și scrisorile critice.

În ianuarie 1676, în scrisoarea către Oldenburg, el se referă la niște treburi cu care l-au însărcinat de curînd prietenii, precum și la treburi personale „care preocupă actualmente toate gîndurile și tot timpul meu". Aceste treburi care îl distrăgeau pe Newton, au rămas nelămurite pînă azi: poate că este vorba de lucrările

[1] B e r h a r d i V a r e n i i *Geographia generalis*... aucta et ilustrata ab I s a a c o N e w t o n Math. Prof. Lucasiano apud Cantabrigenses. Cantabrigiae, 1672.

și experiențele de chimie ale lui Newton; va trebui să revenim însă la ele mai tîrziu.

La 18 noiembrie 1676 Newton îi scrie din nou lui Oldenburg: „... Văd că am devenit sclavul filozofiei. Cînd mă voi elibera de afacerea lui mister Lucas, îmi voi lua pentru totdeauna rămas bun de la filozofie, și mă voi consacra, în afara muncii pentru mine, și celor ce voi lăsa spre a fi publicate după moartea mea; m-am convins că, ori nu trebuie comunicat nimic nou, ori vei fi nevoit să-ți irosești toate forțele pentru apărarea descoperirii tale".

Adevăratele cauze ale acestei ciudate stări de spirit a lui Newton sînt greu de determinat. În cazul cel mai rău, atacurile critice îi răpeau timp, distrăgîndu-l de la lucrările curente. Din toate controversele Newton ieșea mereu învingător, chiar și în acele cazuri cînd nu avea în totul dreptate; în aceste lupte și controverse autoritatea lui creștea. Polemica lungă și vie purtată timp de patru ani este ea însăși o dovadă a marelui interes de care se bucurau cercetările sale. În aceste condiții, starea de deprimare și iritația lui Newton au fost provocate de alte cauze, rămase necunoscute pînă astăzi.

De altfel, în perioada aceea, el nu și-a încetat activitatea teoretică și experimentală. El a continuat experiențele cu lumina; apoi a început să studieze culorile lamelor subțiri și fenomenele de difracție și a elaborat analiza infinițiților mici. Collins, care era un mijlocitor voluntar între oamenii de știință și făcea oficiul, într-un anumit sens, al unui ziar științific, scria la 19 octombrie 1675 lui Gregory, că nu vorbise și nu-l văzuse pe Newton de aproape un an, pentru că nu voia să-l deranjeze de la cercetările și experiențele de chimie; Collins remarcă totodată, nu se știe pe ce bază, că speculațiile matematice i se par lui Barrow și lui Newton aride și sterile.

La sfîrșitul anului 1675, Newton a trimis Societății regale un amplu memoriu intitulat: *„Teoria luminii și a culorilor, conținînd ipoteza privind explicarea însușirilor luminii, expuse de autor în memoriile precedente, precum și descrierea fenomenelor celor mai esențiale ale*

diferitelor culori ale lamelor subțiri și baloanelor de săpun, care depind și ele de însușirile luminii caracterizate anterior. Ca pretext pentru întocmirea acestui memoriu, care ocupă un loc aparte printre celelalte scrieri ale lui Newton, au servit probabil noile cercetări ale lui Hooke asupra culorilor lamelor subțiri și ale fenomenelor de deviere a luminii în trecere pe lîngă muchia ascuțită a unui ecran; memoriul lui Newton a fost citit în cîteva ședințe ale Societății.

În scrisoarea către Oldenburg, care a însoțit memoriul, Newton explică de ce s-a decis să-și publice ipoteza: „M-am hotărît înainte să nu public niciodată nici un fel de ipoteză asupra luminii și culorilor, ca să nu fiu atras în controverse inutile. Sper însă că intenția mea de a nu răspunde la critici, afirmată public, va face ca temerile mele să fie deplasate. Am socotit că o asemenea ipoteză va face mai concret memoriul pe care vi l-am promis; tocmai săptămîna aceasta am avut timp liber și nu m-am putut abține, am adăugat ipoteza, ordonîndu-mi în grabă ideile fără a mă sinchisi dacă ele vor fi considerate juste sau nu. Din scrisul meu neîngrijit și din îndreptările făcute, veți vedea că am scris în grabă și n-am avut timp să transcriu memoriul".

În textul propriu-zis al memoriului, Newton subliniază în repetate rînduri și cu insistență, că nu consideră ipoteza propusă ca obligatorie pentru el. Caracteristicile principale ale acestei ipoteze au fost deja citate în răspunsul său la criticile lui Hooke, despre care am vorbit mai sus. El a formulat din nou o ipoteză de compromis, în care se îmbină avantajele teoriei ondulatorii și ale celei emisioniste. Particulele luminoase provoacă oscilații în eterul care se află în substanță și lîngă ea. Newton dezvoltă destul de amănunțit ideea sa despre eter: „Noi presupunem că eterul seamănă cu aerul, însă e mai subțire și mai elastic: el nu este omogen și constă dintr-o materie brută oarecare și diferite lichide eterice; această neomogenitate rezultă, probabil, din prezența emanațiilor magnetice și electrice ale corpurilor și din existența principiului gravității". Newton descrie unele din ex-

perienţele sale electrostatice şi încheie că nu-şi poate închipui mişcările provocate cu această ocazie decît prin faptul că materia eterului se evaporă şi se condensează din nou. Tot astfel şi puterea de atracţie a Pămîntului este explicată prin permanenta condensare a unui anumit lichid eteric pe Pămînt. Curenţii de eter, avînd direcţia spre Pămînt, care iau naştere de pe urma acestui fapt, apasă corpurile spre pămînt cu o putere proporţională suprafeţei acestor corpuri. „Ca şi Pămîntul, Soarele poate şi el absorbi această substanţă, păstrîndu-şi astfel însuşirea de a lumina şi împiedicînd planetele de a se îndepărta de el"[1]. Eterul însă nu pătrunde liber în toate corpurile; de aceea el este mai puţin dens în corpuri, decît în spaţiul înconjurător, iar în unele corpuri e mai dens decît în altele. Newton insistă asupra posibilităţii de a explica aderenţa, elasticitatea, mişcările muşchiulare cu ajutorul eterului, menţionînd totuşi existenţa unor dificultăţi în ce priveşte lămurirea ultimei probleme.

„După părerea mea — spune Newton, revenind la optică — lumina nu poate fi definită ca eter sau ca o mişcare a acestuia; lumina este ceva ce se propagă de la corpuri luminoase în diferite feluri... Se poate presupune că lumina este o emanaţie sau o mişcare materială, sau un impuls care provoacă mişcarea, sau altceva, ce poate părea mai comod. Eu consider numai că lumina constă din raze, care diferă unele de altele prin elemente întîmplătoare, mărime, formă sau intensitate, aşa precum diferă grăuncele de nisip ale mării, valurile de pe lac sau figurile omeneşti. Apoi, aş putea să afirm despre lumină că ea diferă de oscilaţiile eterului, căci altfel ar fi fost imposibile umbrele şi corpurile absolut opace. Cu toate deosebirile existente între lumină şi eter — continuă Newton — presupun că lumina şi eterul interacţionează în aşa fel, încît dacă o rază trece printr-o masă de eter de densitate inegală, ea primeşte lovituri neîntrerupte în direcţia stratului de eter mai rarefiat şi deviază în această direcţie... Pentru a explica de ce dintr-un număr de raze, care cad,

[1] Avem aici prima variantă a teoriei gravitaţiei.

pe aceeași suprafață transparentă, unele se reflectă mereu, iar altele trec, vom presupune că în cursul interacțiunii eterului cu lumina, eterul din corpuri începe să oscileze sub acțiunea razelor de lumină. În urma acestor oscilații, eterul se comprimă și se dilată succesiv. Razele care cad pe eterul condensat se reflectă probabil, iar cele care cad pe eterul rarefiat, în intervalul între două oscilații, sînt lăsate să treacă".

Newton trece apoi la explicarea inelelor care se văd între placa densă și lentilă. „Dacă aplicăm o placă convexă pe una plată, spune el, raportul dintre grosimile stratului de aer care se află în intervalul dintre ele va fi egal cu raportul distanțelor dintre straturile respective și punctul de atingere a lentilei cu placa. De aici rezultă că lumina reflectată și cea care trece se va plasa pe inelele consecutive din jurul locului de atingere. Într-o lumină omogenă se formează inele luminoase și negre, ale căror raze se vor afla într-un anumit raport față de grosimea straturilor respective și față de lungimea de undă. Luminile roșie și galbenă dau naștere în eter unor unde de altă mărime decît luminile albastră și violetă, de aceea pentru aceste culori inelele colorate vor avea alte dimensiuni — cele mai mici pentru culoarea albastră și cele mai mari pentru culoarea roșie; din aceeași cauză lumina albă a Soarelui se va descompune în inele colorate. Dacă în locul unui strat de aer, avem unul de apă, de sticlă etc., trebuie să presupunem că într-un strat de eter mai rarefiat undele vor fi mai scurte, decît într-unul mai dens, iar inelele colorate respective vor avea, în consecință, într-un mediu mai dens o rază mai mică". În legătură cu ideea expusă asupra originii culorilor lamelor subțiri, Newton presupune că oscilațiile provocate de razele luminoase în eter se propagă mai repede decît aceste raze înseși.

Ipoteza lui Newton, expusă într-o formă cu totul sumară, este în mod vădit adaptată fenomenelor culorilor lamelor subțiri, despre care tratează partea a doua a memoriului. În capitolul următor vom trece la descrierea acestor experiențe uimitoare ale lui Newton, care prin rezultatele lor au depășit dezvoltarea lentă

a fizicii cu peste o sută de ani și care n-au fost apreciate decît de Young și Fresnel. Ulterior, el nu și-a mai aplicat ipoteza; au uitat-o cu desăvîrșire și contemporanii, și urmașii săi. Faptul se explică prin caracterul foarte imprecis și prin lipsa unei prelucrări cantitative matematice a ipotezei. Teoria mișcărilor ondulatorii într-un mediu elastic încă n-a început să se dezvolte. Bineînțeles, mai tîrziu, cînd Newton s-a dedicat aproape în întregime studiului fenomenelor mecanice, el ar fi putut să rezolve și această problemă. Astfel, de pildă, el a reușit ulterior să rezolve problema vitezei de propagare a undelor într-un mediu elastic, dar în acel timp lucrările de optică au fost lăsate de o parte, la ordinea zilei fiind alte probleme, nu mai puțin importante. Trebuie să relevăm că în ipoteza sa despre oscilațiile eterice longitudinale, Newton operează prin analogie cu fenomenele acustice aeriene. Principiul interferenței, posibilitatea existenței întunericului în locul întîlnirii reciproce a două fascicule luminoase, îi era, după cum se poate vedea din citatele arătate, cu desăvîrșire străin.

Din cînd în cînd fizica revine la încercarea lui Newton de a uni teoria emanației cu teoria ondulatorie, uitînd însă de inițiatorul ei. În 1842, N. I. Lobacevski a încercat, de exemplu, să unească în modul următor teoria emanației cu teoria ondulatorie[1]: „Un curent de eter, întîlnind în cale obstacole, începe să vibreze, la fel ca și apa dintr-un rîu, care, întîlnind un zăgaz, se ridică în valuri, se desparte în două curente între care se produce un vid, și apoi se adună din nou într-un șuvoi unic; sau ca aerul, care, întîlnind un obstacol, începe să onduleze, se desface în două curente cu un vid între ele... Căderea apei dincolo de zăgaz și vidul lăsat de aer în dosul zidului, corespund, prin urmare, umbrei lăsate în urmă de corpurile opace, și toate ne înfățișează devierea luminii spre mijlocul umbrei".

După Newton, concepțiile asupra naturii luminii au suferit schimbări neîncetate pînă în epoca noastră. În secolul al XVIII-lea, ca și în epoca anterioară, nu

[1] N. I. Lobacevski, *Eclipsa totală de soare la Penza*, 26 iunie 1842, An. șt. ale Univ. din Kazan, 3, 1842, p. 74.

existau încă argumente decisive în favoarea corpusculilor sau a undelor. Euler, de pildă, apăra undele, iar Bošković și Laplace — corpusculii. După experiențele de interferență ale lui Young și Fresnel, victoria undelor părea definitivă. În secolul al XIX-lea a fost lămurită natura electromagnetică și nemecanică a acestor unde și soluția, care părea simplă, a devenit din nou obscură. Descoperirea cuantelor de energie și de acțiune chiar în pragul secolului nostru, a răsturnat cu desăvîrșire reprezentările despre lumină. Ideea corpusculilor, concretizați de data aceasta sub forma de cuante luminoase sau fotoni, părea să fi reînviat din nou. În orice caz, timp de aproape un deceniu a domnit un dualism în optică; fenomenele referitoare la propagarea luminii puteau fi explicate numai din punctul de vedere ondulatoriu, iar acțiunea luminii asupra substanței putea fi înțeleasă numai pe baza ideii de corpuscul sau foton.

În această perioadă erau foarte nimerite cuvintele lui Barrow: „Ambele noțiuni despre lumină întîmpină greutăți egale. De aceea eu înclin spre părerea că ambele feluri ale mișcării pot da naștere luminii atît prin emanații corpusculare, cît și prin impulsuri neîntrerupte. Este, poate, mai bine să atribuim unele acțiuni uneia, iar alte acțiuni celeilalte". O ieșire din acest dualism imposibil, după rețeta lui Barrow, a fost găsită în mecanica cuantică ondulatorie, în sinteza originală a undelor și a corpusculilor. Această sinteză este, bineînțeles, departe de compromisul newtonian. La drept vorbind, în noua teorie a luminii nu se poate vorbi nici despre unde, nici despre corpusculi: realitatea este mult mai complexă și nu se pretează la analogii mecanice. Ținînd seama de aceasta, nu putem totuși să nu admirăm viziunea largă și geniala perspicacitate a lui Newton, care a intuit în secolul al XVII-lea caracterul bilateral al fenomenelor luminoase.

CAPITOLUL VII

OPTICA LUI NEWTON

Partea a II-a a memoriului „ipotetic" al lui Newton, despre care am vorbit în capitolul precedent, conținea expunerea experiențelor sale asupra culorilor lamelor subțiri. După cum am spus, lectura memoriului s-a desfășurat la Societatea regală în decurs de patru ședințe. Încă înainte de începerea expunerii părții experimentale, Hooke a ridicat obiecții în legătură cu prioritatea. După părerea lui, esențialul din ipoteza lui Newton ar fi fost expus deja în a sa *Micrografie*. Aflînd despre aceasta, Newton a înlăturat fără dificultate, în două scrisori către Oldenburg, pretențiile lui Hooke referitoare la ipoteza sa, dar a recunoscut, în ceea ce privește latura experimentală, însemnătatea experiențelor lui Hooke pentru el. La sfîrșitul anului 1675, Hooke i-a adresat lui Newton o scrisoare împăciuitoare, arătîndu-i că a fost probabil greșit informat asupra declarațiilor sale la Societate, că-i recunoaște meritele și îl roagă să întrețină cu el corespondență asupra chestiunilor științifice. În răspunsul său, Newton a acceptat propunerea lui Hooke în privința corespondenței, subliniind însă că e obosit de pe urma controverselor și discuțiilor permanente, care-l împiedică de la lucru. Totodată, el a recunoscut meritele lui Hooke, îndeosebi în cercetările asupra culorilor lamelor subțiri. Aceste scrisori, scrise în termeni corecți, n-au dus, de altfel, la o împăcare reală între aceste două

personalități, cu caractere atît de diferite, și corespondența n-a fost continuată.

Memoriul lui Newton n-a fost publicat în Lucrările Societății *(Philosophical Transactions)* și, în genere, cu excepția unor note scurte, Newton n-a mai publicat nimic în această revistă.

Cu toată propunerea lui Collins de a edita *Cursurile de optică*, în scrisoarea sa din 25 mai 1672 către acesta, Newton refuză categoric publicarea lor, motivînd că este ocupat cu alte treburi și dorește să-și păstreze libertatea și liniștea, pe care altfel le-ar pierde, după cum s-a putut convinge din puțina cunoaștere a presei.

Abia în 1704, adică peste 30 de ani, Newton și-a strîns toate cercetările din domeniul luminii în *Optica*. Această carte era se pare de mult pregătită de el: unele pasaje au fost scrise încă în perioada 1680—1690. Ea a fost alcătuită, în parte, din *Cursuri*, în parte, din memoriul citat; au mai fost incluse în lucrare experiențele cu culorile lamelor subțiri și, în fine, multe lucruri în esența lor noi, despre care vom vorbi mai jos. *Optica* a apărut în 1704, la un an după moartea lui Hooke, și se poate presupune că Newton nu și-a publicat cartea înainte, nedorind să reînceapă din nou discuția contradictorie inevitabilă cu Hooke. Numele acestuia este amintit în *Optica* doar în treacăt, fără laude sau critici; respectînd regula anticilor: *de mortuis aut bene aut nihil* (despre morți se poate spune sau bine sau nimic), Newton își reținea, probabil, antipatia față de savantul decedat.

Optica reprezintă bilanțul unui vast ansamblu de lucrări ale lui Newton din perioada 1670—1690 și apariția ei în 1704 este cu totul întîmplătoare. În această perioadă Newton încetase să se ocupe de optică.

Titlul complet al lucrării este : *Optica sau tratat despre reflexiile, refracțiile, devierile și culorile luminii.*

Cartea a fost scrisă în limba engleză și a apărut, în timpul vieții lui Newton, în trei ediții, în 1704, 1717 și în 1721. În 1706 Clark a publicat o traducere latină a *Opticii*, sub directa supraveghere a lui Newton.

Această traducere s-a bucurat de cea mai mare faimă în Europa, căci în secolul al XVIII-lea dincolo de granițele Angliei, limba latină era mai cunoscută decît limba engleză. În 1720 cartea a apărut în traducerea franceză a lui Costes. Mai tîrziu *Optica* a fost din nou tradusă în limba franceză de celebrul revoluționar Marat. Numărul mare de ediții apărute în timpul vieții autorului confirmă larga celebritate de care se bucura teoria newtoniană a culorilor la începutul secolului al XVIII-lea.

În introducerea la ediția întîia a *Opticii,* Newton scrie că el a oprit intenționat tipărirea cărții, pentru a nu fi antrenat în discuții, și dacă n-ar fi insistat prietenii lui, n-ar fi publicat-o de loc. În 1937 au fost publicate extrase din însemnările matematicianului David Gregory, nepotul unuia din inventatorii telescopului-reflector. Din aceste însemnări se poate stabili cine au fost prietenii care l-au incitat pe Newton să-și publice în sfîrșit *Optica*. Aceștia au fost: Gregory, Halley, Facio, Roberts și Sheyne. Vom vedea mai jos că și *Principiile* au apărut de asemenea numai grație intervenției altora.

Optica a fost împărțită de Newton în trei cărți. Folosind terminologia fizică, modernă, cuprinsul acestor trei cărți poate fi redat în felul următor. Cartea întîi: principiile opticii geometrice, teoria dispersiei luminii și a compoziției culorii albe, cu diferite anexe. Cuprinsul acestei părți a fost expus de noi în capitolele precedente. Cartea a doua: interferența luminii în lamele subțiri. Cartea a treia: difracția luminii, polarizarea luminii și partea ipotetică, care cuprinde celebrele „chestiuni", legate de subiectele cele mai variate, care, în unele cazuri, n-au nici o legătură cu optica.

Pretextul pentru cercetarea culorilor lamelor subțiri l-a constituit următoarea împrejurare. Într-o zi, așezînd laolaltă, întîmplător, două prisme cu reflexie interioară totală, ale căror planuri corespunzătoare ipotenuzei erau puțin curbate, Newton a observat că în locul de atingere al celor două prisme a apărut o pată, care a rămas transparentă chiar cînd prismele

fuseseră așezate pentru reflexie totală, și care în lumina reflectată părea întotdeauna întunecată. Pentru a simplifica experiențele, Newton a hotărît s-o repete, așezînd peste lentila biconvexă o altă lentilă, plană convexă, cu partea ei plană. În felul acesta între amîndouă lentilele s-a format un strat de aer cu o grosime variabilă. La iluminarea sistemului de lentile, apăreau inele concentrice colorate regulat, care încercuiau locul de atingere a sticlelor. Astfel, Newton a descoperit o nouă metodă pentru studiul culorilor care apar la reflexia luminii de la două suprafețe ale unor straturi subțiri.

Cercetările lui Hooke au stabilit raportul calitativ dintre culorile observate și grosimea plăcii. Newton dispunea însă de o metodă care i-a permis să determine latura cantitativă a fenomenului. Cunoscînd curbura lentilelor, el a putut să calculeze geometric grosimea stratului de aer în diferitele locuri dintre cele două lentile și în felul acesta să stabilească o legătură între fiecare culoare observată și o anumită grosime a stratului de aer. Iluminînd sistemul de lentile cu culoarea roșie sau albastră omogenă, Newton a observat că inelele concentrice devin unicolore, din ce în ce mai pronunțate, iar numărul lor crește vizibil. Astfel, tabloul multicolor obținut la iluminare cu lumina albă a putut fi din nou explicat prin complexitatea luminii albe. În acest caz inelele colorate, ce se formează la fiecare culoare în parte, ce intră în compoziția culorii albe, se suprapun unele peste altele.

Am relevat în repetate rînduri precizia uimitoare și măsurătorile care caracterizau experiențele lui Newton. În acest sens, studiul inelelor interferențiale constituie o capodoperă. De aceea și astăzi lectura cărții a doua din *Optica* constituie cea mai bună introducere în arta experimentării. Era vorba aici de a stabili legități empirice într-un domeniu cu totul nou, destul de misterios, în vremea aceea; nu exista nici urmă de teorie care ar fi putut sugera cifre. Cifrele lui Newton au trebuit să treacă prin verificarea teoriei abia peste 150 de ani, și au trecut-o în mod strălucit. Newton a stabilit înainte de toate, că razele

inelelor întunecate în lumina reflectată cresc de la centru spre periferie, ca rădăcinile pătrate ale numerelor întregi cu soț: $\sqrt{0}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{6}$,..., iar razele inelelor luminoase cresc ca rădăcinile pătrate ale numerelor întregi fără soț: $\sqrt{1}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{7}$,... De aci rezultă că intervalele de aer respective între două lentile trebuie să fie, pentru cercurile întunecate, proporționale șirului de numere cu soț 0, 2, 4, 6,... iar pentru cercurile luminoase — șirului de numere fără soț 1, 3, 5, 7,... Newton a umplut spațiul dintre lentile cu apă, în loc de aer, și a observat că inelele se contractă; efectuînd măsurători cantitative, el a găsit că raportul dintre razele cercurilor în aer și în apă este egal cu indicele de refracție la trecerea din apă în aer. Newton măsoară grosimea stratului, care corespunde inelului luminos pentru diferite culori. În tabloul de mai jos sînt date unele cifre ale lui Newton:

	Culoarea	Grosimea stratului de aer*	Lungimea undei (în mμ
Inelul al 2-lea	Violetă	11 1/6	375
	Galbenă	16 2/7	540
	Roșie	18 1/5	620
	Albastră	21 2/5	470
Inelul al 3-lea	Galbenă	27 1/7	545
	Roșie	29	580

x Grosimea stratului este indicată în milionimi de țol

În ultima coloană sînt date acele lungimi de unde în milimicroni, care pot fi calculate după datele lui Newton pe baza teoriei interferențiale a inelelor, folosindu-se relația:

$$2d = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda \text{ etc.},$$

unde d este grosimea stratului, care corespunde diferitelor inele și λ este lungimea undei. La determinarea

ISAAC NEWTON — BACALAUREAT.
GRAVURĂ DUPĂ PORTRETUL DE P. LELY (NEAUTENTIC).
1665—1702.

ISAAC NEWTON. DUPĂ PORTRETUL DE VANDERBANK
(COLECȚIA SOCIETĂȚII REGALE).

coloraţiei, Newton putea folosi, din nefericire, numai caracteristica calitativă: „roşu", „albastru" etc. şi de aceea măsurătorile sale experimentale pot fi verificate numai cu aproximaţie. Putem confirma doar că, de pildă, 375 m μ corespund într-adevăr culorii extrem-violet, 620 m μ — culorii roşii etc.

În partea a patra din cartea a treia, Newton descrie un nou fenomen de interferenţă pe care l-a observat de data aceasta în plăci groase: „Soarele pătrundea în camera mea întunecată printr-un orificiu de 1/3 de ţol. Am obligat raza de lumină să cadă vertical pe o oglindă de sticlă, concavă de o parte şi convexă de cealaltă parte, şlefuită corespunzător unei sfere cu o rază de 5 picioare şi 11 ţoli şi amalgamată pe partea convexă. Am plasat în centrul sferei o hîrtie opacă în aşa fel, încît raza trecea spre oglindă printr-un mic orificiu făcut în mijlocul hîrtiei şi se reflecta de pe oglindă către acelaşi loc; am observat pe hîrtie 4 sau 5 inele care încercuiau orificiul... Pe măsura lărgirii lor, aceste inele deveneau mai vagi şi mai slabe, astfel încît inelul al cincilea era abia vizibil"...

Newton a descoperit astfel o *periodicitate* indiscutabilă în însuşirile luminii. Existenţa acestei periodicităţi a fost indicată calitativ de Hooke, însă în experienţele lui Newton ea a căpătat un caracter de certitudine. În textul principal al cărţii, unde, după părerea lui Newton, ipotezele nu-şi aveau rostul, trebuia introdusă o interpretare pur formală a periodicităţii observate. El formulează această interpretare formală, *neipotetică*, în felul următor: „Orice rază de lumină, care trece printr-o suprafaţă refractoare oarecare, capătă o anumită structură sau stare provizorie, care revine la intervale egale pe măsura trecerii razei; ori de cîte ori această stare revine, ea predispune raza să treacă prin suprafaţa refractoare; în intervalul între două reveniri ale acestei stări raza se reflectă... Nu voi analiza aici, în ce constă predispoziţia de acest fel, dacă ea constă dintr-o mişcare de rotaţie sau oscilatorie a razei sau a mediului, sau din altceva".

Pentru acei care au nevoie de ipoteze, Newton repetă interpretarea fenomenului culorilor lamelor

subțiri, expusă în memoriul din 1675 și arătată în capitolul precedent. Expunînd această concepție, el observă însă: „Eu nu am intenția să analizez aici dacă o asemenea ipoteză este justă sau greșită. *Îmi este de ajuns faptul că razele de lumină sînt predispuse la refracție sau reflexie de o cauză oarecare sau de altceva*".

...Revenirile predispoziției pentru reflexie în rază, eu le numesc *accesele (fits)* reflexiei celei mai ușoare, iar predispozițiile pentru trecere — *accesele* trecerii celei mai ușoare; spațiul între două reveniri îl numesc „intervalul între accese". „Accesele" periodice ale razei de lumină nu sînt o nouă ipoteză bizară. Această bizarerie a apărut numai la adepții și la discipolii lui Newton, care au transpus, fără nici o rezervă, noțiunea formală de accese asupra particulelor luminoase. Noțiunea de acces este într-adevăr în întregime aplicabilă și teoriei ondulatorii: intervalului între accese îi corespunde lungimea de undă. Citind *Optica*, se poate observa cu ușurință că Newton întrevedea posibilitatea interpretării ondulatorii a fenomenului, însă a rămas la deviza sa *hypotheses non fingo*, și s-a mulțumit cu o interpretare formală. În teoria ondulatorie a lui Fresnel și Young, accesele razei de lumină și-au pierdut, într-o măsură însemnată, latura lor bizară, însă astăzi, în legătură cu teoria cuantelor și cu noțiunea resuscitată despre „atomii de lumină", fenomenele de interferență și alte fenomene, perfect explicabile prin teoria ondulatorie, încep să devină din nou obscure. Fizicianul modern se plasează adeseori, din nou, pe terenul formal, părăsind „ipoteza" și stabilind o „corelație" exterioară între periodicitatea fenomenelor luminoase și postulatele teoriei cuantelor. În orice caz, astăzi, pentru un fizician, interpretarea newtoniană încetează de a mai fi atît de străină ca în secolul trecut.

Partea a treia din cartea a doua a *Opticii* este consacrată problemei culorii permanente a corpurilor naturale și analogiei între ele și culorile lamelor subțiri. După părerea lui Newton, orice corp omogen este, prin natura sa, transparent. Opacitatea provine numai din cauză că în interiorul corpului există go-

luri, corpul este poros. Lumina se reflectă de mai multe ori de pe suprafețele particulelor transparente și „se stinge mereu". Corpul opac constă, cel puțin la suprafață, din plăci subțiri transparente. La corpuri diferite plăcile sînt de diferite grosimi și în funcție de aceasta vor lăsa să treacă diferite culori. Culorile corpurilor naturale sînt echivalente, din acest punct de vedere, culorilor lamelor subțiri. Newton încearcă să determine dimensiunile particulelor substanței pe baza teoriei culorilor lamelor subțiri și speră chiar să vadă aceste particule la microscop.

Aici, Newton a pătruns, desigur, într-un domeniu pur ipotetic, iar ipoteza sa este vădit greșită. Slăbirea luminii la trecerea ei prin substanță este legată nu numai de difuzia, adică de schimbarea direcției razelor incidente; există o adevărată absorbție, o transformare a luminii, cum îi spunem noi astăzi, în alte forme de energie, în căldură, în energie chimică etc. Această absorbție determină și culoarea majorității corpurilor. Difuzia luminii joacă și un anumit rol în colorația obiectelor înconjurătoare. De exemplu, culoarea albastră a cerului depinde de difuzia luminii solare în atmosferă, culoarea mării este determinată de amîndoi factorii. Însă aceasta este o difuzie de altă natură, decît la Newton.

Propoziția din capitolul X din *Optica* cuprinde legea refracției, care leagă indicele de refracție cu densitatea corpului. Dacă însemnăm indicele de refracție prin n și densitatea prin p, atunci formula („ceea ce vor înțelege ușor matematicienii", scrie Newton) se prezintă astfel:

$$\frac{n^2 - 1}{p} = k,$$

unde k este o mărime constantă. El deduce această lege, descompunînd mișcarea razei de lumină în mișcarea paralelă la suprafața corpului, care rămîne neschimbată, și în mișcarea perpendiculară pe această suprafață. Ea corespunde, după Newton, mișcării accelerate, din cauza forțelor de atracție care emană de la corpul transparent. Pentru a confirma deducția

sa, el prezintă un amplu tabel cuprinzînd corpuri de diferite compoziții chimice, ca aerul, apa, salpetrul, sticla, diferite uleiuri, diamantul, eterul. Newton află refracția aerului după refracția astronomică. Din tabel se vede că constanta de refracție k, se schimbă relativ puțin pentru substanțe anorganice, însă crește destul de simțitor o dată cu trecerea spre substanțe organice uleioase. Aproximativ aceeași refracție ridicată constantă o are și diamantul. Newton descoperă pe cale optică natura de hidrocarbură a diamantului: „Diamantul, scrie el, este probabil și el o substanță uleioasă condensată".

În mod obișnuit formula de refracție a lui Newton este denumită formula lui Laplace, care a tradus în limbajul simbolurilor matematice ceea ce a fost spus destul de clar fără formule în *Optica*. În optica teoretică modernă formula lui Newton este înlocuită cu o formulă mai complicată:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{p} = k$$

Măsurarea refracției constituie și în prezent o metodă analitică importantă, îndeosebi în chimia organică.

Experiențele lui Hooke au constituit, fără îndoială, motivul direct al experiențelor lui Newton în domeniul difracției. *Optica* însă trece aproape sub tăcere lucrările lui Hooke, și în privința difracției Newton se referă direct la Grimaldi. Observațiile lui Newton sînt într-o mare măsură o repetare a experiențelor lui Grimaldi; un pas înainte îl reprezintă cercetarea cantitativă a fenomenului și aplicarea ideii despre caracterul complex al culorii albe pentru explicarea colorației liniilor de difracție. Newton lasă să pătrundă într-o cameră întunecată o rază de soare printr-un orificiu cu un diametru de 1/42 țoli (0,6 mm). La o distanță de 12 picioare se afla un fir de păr de om, de o grosime de 1/280 țoli (0,09 mm). Umbra firului de păr s-a recepționat la o distanță de 4 țoli de acesta. S-a constatat că umbra era mult mai lată decît trebuia să fie la o propagare rectilinie a luminii; în afară de aceasta, pe

ambele laturi ale umbrei s-au constatat 3 franjuri colorate, cu o margine albastră înăuntru și una roșie pe dinafară. Pentru a explica aceste franjuri colorate, Newton a făcut o experiență într-o culoare omogenă și franjurile pe marginile umbrei s-au constatat a fi unicolore, deschise și închise; distanța între franjuri s-a modificat o dată cu schimbarea culorii.

Newton a demonstrat, apoi, că difracția are loc indiferent dacă părul se află în aer sau între sticle. Substanța corpului care produce difracția nu influențează asupra caracterului fenomenului. El a repetat și experiența lui Hooke, lăsînd să treacă un fascicul lat de lumină pe lîngă tăișul unui cuțit, și a constatat și în acest caz franjuri de difracție. „Efectuînd aceste observații, scrie Newton în încheierea descrierii experiențelor sale, eu intenționam să le repet cu o precizie și o meticulozitate mai mare și să fac experiențe noi... Însă în acea vreme am fost întrerupt în munca mea, iar acum nu am posibilitatea să mă apuc din nou de cercetări. Lăsînd această parte a activității mele neterminată, vreau în încheiere să propun numai unele probleme pentru ca alții să poată cerceta mai departe obiectul în chestiune".

Fenomenele de difracție și perturbarea propagării rectilinii a luminii constituie argumentul cel mai puternic în favoarea teoriei ondulatorii a luminii. Este adevărat că pe vremea lui Newton, apărătorii teoriei ondulatorii — Huyghens și Hooke — n-au înțeles de loc aceasta. Huyghens încercase chiar să demonstreze, că după teoria undelor difracția nu există. Pe de altă parte, fenomenele de deviere au constituit o dificultate serioasă pentru teoria emanației. Pentru a explica devierea, Newton putea să aducă doar următoarea presupunere: „Nu acționează oare corpurile asupra luminii, făcînd să devieze razele de lumină, chiar de de la o oarecare distanță? Toate celelalte condiții fiind egale, această acțiune nu va fi ea oare cu atît mai puternică, cu cît distanța va fi mai mică?"

Aceasta este prima din acele „chestiuni" cu care se termină *Optica*. Ipoteza devierii razelor de lumină la trecerea lor pe lîngă corpuri a fost formulată de New-

ton în repetate rînduri; ea a fost expusă în *Principii*, a fost înfățișată oral în ședințele Societății regale, în scrisoarea către Boyle etc. Afirmația lui Newton cu privire la acțiunea corpurilor asupra razelor de lumină de la distanță a căpătat o confirmare neașteptată astăzi, în legătură cu verificarea urmărilor teoriei relativității. Fotografiind pozițiile stelelor, situate în sfera cerească lîngă Soare în timpul eclipsei totale, astronomii constată în mod invariabil, din 1919 și pînă azi, o mică deviere a razelor acestor stele în trecerea lor pe lîngă Soare (poziția vizibilă a stelelor se deplasează puțin cu această ocazie). Această deviere, prin mărimea ei, s-a dovedit a fi în concordanță cu teoria lui Einstein. Cînd vorbim despre confirmarea concepțiilor lui Newton, trebuie să înțelegem, desigur, numai o coincidență calitativă și, în fond, întîmplătoare. Pentru explicarea difracției, ar fi fost nevoie de devieri ale razelor de lumină de o mărime considerabil mai mare decît acelea care se observă în timpul eclipselor și, în afară de aceasta, într-o direcție opusă. Din experiențele proprii ale lui Newton rezultă că imaginea de difracție nu depinde de loc de masa corpului care o produce, în timp ce devierea observată a razelor stelelor este determinată de masa Soarelui. Încercînd să explice difracția prin atracția razei de către corp, Newton presupunea, probabil, existența unei forțe analoge gravitației, însă el n-a tras concluzia despre necesitatea existenței, în acest caz, a unei dependențe de masa corpului care produce difracția.

Chestiunile, în număr de 31, anexate la *Optică*, reprezintă o culegere de diferite considerații și ipoteze neterminate, care se referă la optică, gravitație, fenomene chimice etc. E un material brut, neprelucrat, în care pot fi constatate cu ușurință idei strălucite și multe contradicții evidente, alături de greșeli vădite. În perioada publicării *Opticii* Newton se afla la apogeul gloriei sale și putea să-și permită libertatea de a încredința tiparului lucrări și idei nedesăvîrșite.

În acea vreme, teama de polemică a dispărut și, în afară de aceasta, autoritatea lui Newton a devenit atît de mare, încît apariția unor obiecții era puțin pro-

babilă. *Chestiunile* își păstrează pînă azi atracția prin prospețimea și spontaneitatea lor. Ne vom mărgini la reproducerea doar a unora dintre ele.

Newton repetă în multe privințe ipoteza expusă în memoriul din 1675. El expune din nou ipoteza eterului — mediul care umple spațiile din univers. Precum am spus, această ipoteză explica, pentru Newton, în perioada de la 1675, refracția, difracția (refracția în eterul însuși) și „accesele" luminoase, dacă se presupune că razele de lumină provoacă oscilații în eterul care se află în substanță. El pune din nou problema, dacă densitatea eterului din substanță nu va fi mai mică decît a eterului din spațiile libere, ceea ce oferă cheia pentru înțelegerea gravitației. Comparînd viteza sunetului în aer și a luminii în vid, și folosind legea propagării undelor într-un mediu elastic, Newton trage concluzia că raportul dintre elasticitatea eterului și densitatea sa trebuie să fie de cel puțin de 490 000 000 000 de ori mai mare decît pentru aer. Nu se pot oare mișca mult mai ușor planetele și cometele, întreabă el, într-un mediu de eter, care se compune din particule elastice separate, decît într-un lichid care umple spațiul în mod uniform, fără intervale, ca la Descartes? Să presupunem că eterul este de 700 000 de ori mai elastic și de 700 000 de ori mai puțin dens decît aerul; în cazul acesta rezistența opusă de el mișcării corpurilor ar fi fost de 600 000 000 de ori mai mică decît în apă; această rezistență ar fi provocat o abatere sensibilă a mișcării planetelor abia după zeci de mii de ani.

În chestiunea a 25-a sînt cuprinse observațiile lui Newton asupra fenomenului dublei refracții a luminii în cristalele spatului de Islanda. De la început, el presupune existența unei însușiri noi, primare, la razele de lumină. Fenomenul dublei refracții în spatul de Islanda a fost descoperit de Erasmus Bartolinus și studiat îndeaproape de către Huyghens. Pătrunzînd în cristal, raza de lumină se scindează în două raze, ordinară și extraordinară. Aceasta din urmă nu se supune legilor obișnuite ale refracției și indicele ei de refracție variază în raport cu diferitele axe ale

cristalului. Huyghens a dat o schemă formală excelentă, bazată pe teoria ondulatorie a luminii, pentru determinarea direcției razei extraordinare. În cazul acesta teoria ondulatorie nu era numai o teorie care explica comportarea razei extraordinare, ci o teorie aproape inevitabilă. În chestiunea a 25-a, Newton formulează o regulă vădit greșită pentru determinarea direcției razei extraordinare, uitînd sau neglijînd în mod intenționat schema ireproșabilă a lui Huyghens. Avem de-a face aici cu un capriciu greu de înțeles al genialului optician. El poate fi explicat fie prin neglijența atît de puțin caracteristică pentru Newton, fie prin dorința de-a ocoli cu orice preț teoria ondulatorie. Într-o scrisoare către Leibniz, Huyghens își intitulează experiențele cu dubla refracție *experimentum crucis* (experiența crucială) a teoriei ondulatorii. Huyghens n-a putut, însă, să explice, din punctul de vedere al teoriei sale, faptul că, dacă fiecare rază, ordinară sau extraordinară, cade pe cealaltă lamă cristalină, atunci ea este supusă dublei refracții sau trece sub forma unei singure raze, în funcție de unghiul de rotire a lamei. În două rînduri Newton dă o soluție formală a problemei: „Nu posedă oare razele de lumină diferite laturi cu diferite însușiri primare?"

Astfel se introduce noțiunea *polarizării razei de lumină*. „În orice rază de lumină trebuie să distingem patru laturi sau patru sferturi, din care două, așezate față în față, provoacă o refracție extraordinară; dacă una din ele este îndreptată în direcția refracției extraordinare, atunci celelalte două permit numai o refracție ordinară... Una și aceeași rază se va refracta cînd extraordinar, cînd ordinar, în raport cu poziția ei față de suprafețele cristalului". Newton n-a tras alte concluzii din această ipoteză reușită; el nici nu s-a ocupat în mod serios cu cercetarea experimentală a dublei refracții; în orice caz, lui îi revine onoarea de a fi introdus în optică noțiunea polarizării razei de lumină.

În următoarele „Chestiuni" Newton a strîns argumente împotriva teoriei ondulatorii a luminii și împotriva teoriei lui Descartes. Argumentul principal ră-

mîne — ca și înainte — propagarea rectilinie a luminii. Aplicarea teoriei ondulatorii pentru explicarea dublei refracții i se pare lui Newton insuficientă, căci trebuie să presupunem existența într-un cristal a două medii oscilatorii diferite. Apoi, spre uimirea cititorului, sînt formulate obiecții puternice împotriva existenței eterului în spațiile libere. Mișcările regulate ale planetelor și cometelor, care înainte erau considerate compatibile cu existența eterului rarefiat, sînt citate acum de Newton ca un fapt care e în contrazicere cu concepția despre eter. El se referă chiar și la filozofii antici, ceea ce se întîmplă foarte rar în scrierile sale. Avem în fața noastră un fel de stratificări geologice ale gîndirii, care există, cu toate că sînt vădit contradictorii. Apoi, el schițează teoria emisionistă a luminii, expusă, de altfel, doar sub forma unei întrebări: „Nu sînt oare razele de lumină niște corpuri foarte mici, emise de substanța luminoasă?... Substanțele transparente acționează la o distanță oarecare asupra razelor de lumină, refractîndu-le, reflectîndu-le și obligîndu-le să devieze; la rîndul lor, razele acționează asupra substanței, imprimînd părților ei, de la distanță, mișcări oscilatorii și încălzind-o. Aceste acțiuni și reacțiuni seamănă foarte mult cu manifestările forței de atracție între corpuri". Pentru explicarea culorilor lamelor subțiri, el folosește din nou ipoteza oscilațiilor provocate de particulele luminoase în substanță. Fenomenele dublei refracții duc la presupunerea că particulele luminoase au ceva în genul polilor magnetici (polarizarea), atrase sau respinse de particulele cristalului.

În sfîrșit, Newton se întreabă dacă lumina nu se transformă în substanță și substanța în lumină. O asemenea întrebare în secolul al XVII-lea nu constituia o surpriză. După concepția atomiștilor, atomii de lumină se deosebeau de atomii substanței numai prin viteza și micimea lor. Concepții similare le-a expus, de pildă, Galileu. Întrebarea lui Newton este fără îndoială, legată de preocupările sale de chimie, căci imediat urmează o mulțime de analogii chimice.

În fizica modernă problema transformării luminii în substanță și viceversa a căpătat un alt sens, mai adînc. La fotoni cu oscilații extrem de rapide, se observă pe cale experimentală fenomenul interesant al transformării lor în substanță, într-un electron pozitiv și unul negativ. Procesul invers este și el în afară de orice îndoială. Ideea lui Newton, bazată pe o analogie mecanică, s-a confirmat pe o altă cale, cu totul neașteptată.

Celelalte probleme din *Optică* nu se referă la fenomenele luminoase. La unele din ele vom reveni ulterior.

Care este cauza caracterului nesistematic și contradictoriu al „chestiunilor"? În timpul vieții lui Newton *Optica* a fost reeditată, de la 1704, încă de trei ori: în 1706 (în traducere latină), în 1717 și în 1721. Cu fiecare ediție numărul „chestiunilor" creștea, iar conținutul lor era cu totul nou și adeseori îl contrazicea pe cel din ediția anterioară. Astfel, avem într-adevăr o suprapunere cronologică de straturi, care au marcat pentru totdeauna dezvoltarea și oscilațiile gîndirii lui Newton.

În ediția din 1704 eterul nici nu e pomenit în „Chestiuni", dar în ediția latină din 1706 acestei ignorări i s-a adăugat o violentă și hotărîtă critică a ipotezei eterului. Peste 10 ani, în a doua ediție engleză a *Opticii*, atitudinea lui Newton în problema eterului se schimbă. Se adaugă opt „Chestiuni" noi despre eter, care, cu toate rezervele lor, au un caracter, fără îndoială, pozitiv. Ceea ce uimește cel mai mult, este faptul că chestiunile „antieterice" din edițiile anterioare sînt lăsate alături de cele „proeterice."

Trebuie să presupunem că, în felul acesta, Newton a vrut să demonstreze încă o dată atitudinea sa sceptică față de ipoteze. Felul în care sînt așezate „Chestiunile" în versiunile definitive ale edițiilor din 1717 și 1721, nu este întîmplător. Primele 17 probleme se referă în special la însușirile luminii independent de orice ipoteză. Următoarele șapte chestiuni pledează în favoarea existenței eterului. După ele urmează patru chestiuni cu argumente împotriva eterului. În

fine, ultimele trei chestiuni examinează fenomenele optice și fizico-chimice ca rezultat al mișcării particulelor, printre care acționează forțe de atracție și repulsie.

Nu este, apoi, o întîmplare că în ultimele ediții, în „Chestiunea" a 31-a, s-a adăugat o declarație, care repetă celebra maximă *hipotheses non fingo*. „Ipotezele nu trebuie examinate în filozofia experimentală și, deși argumentele bazate pe experiențe și observații după metoda inducției, nu pot servi ca o demonstrație a concluziilor generale, totuși, aceasta este calea cea mai bună de argumentare, admisă de natura lucrurilor și poate fi considerată cu atît mai puternică, cu cît mai generală este inducția".

Putem presupune, pe baza celor spuse, că, prin varietatea „Chestiunilor" contradictorii, prin logica așezării lor și prin concluzia metodologică finală, Newton a vrut să sugereze cititorului aproximativ următoarele: „Indiscutabile sînt doar însușirile luminii, stabilite de experiență. Unele din ele pot fi interpretate pe baza ipotezei eterului, iar altele nu se pot pune de acord cu eterul și pot fi explicate prin mișcarea particulelor, între care acționează forțe de atracție și de repulsie. Mai just însă ar fi ca, fără să formulăm ipoteze, să descriem fenomenele pe bază de experiențe și observații după metoda inducției".

În dorința de a sugera cititorului aceste concluzii, a fost, probabil, dictată și structura complicată a „Chestiunilor".

ANII DE TRANZIȚIE. FRAGMENTE DE OPTICĂ ÎN OPERELE ȘI SCRISORILE LUI NEWTON. CONCEPȚIA ETERULUI LA NEWTON ÎN PERIOADA 1670—1680 (1672—1682)

În *Optică* Newton a făcut bilanțul vastelor sale cercetări în domeniul fenomenelor luminoase. Totuși, multe lucruri, și uneori importante, n-au fost cuprinse în această carte. Newton a căutat ca textul *Opticii* să fie cît mai simplu, accesibil unui cerc larg de cititori englezi. De aceea cartea a fost scrisă în limba engleză și nu în latină, din ea lipsesc demonstrații matematice și materialul este unificat nu atît prin obiectul lui, cît prin metodă. *Optica* este un model clasic al fizicii experimentale, este o carte a experienței și, într-un anumit grad, a ipotezei. Newton analizează, sub aspectul experimental și ipotetic, nu numai fenomenele luminoase, ci și fenomenele de căldură, gravitație, electricitate, magnetism, chimie și altele; tot ce este legat de matematică nu este cuprins în carte. De aceea, demonstrația problemelor și teoremelor de optică geometrică trebuie căutate în *Cursuri* și în *Principii*; teoria matematică a refracției (corolarul legii refracției) este, de asemenea, publicată numai în *Principii*.

Presupunînd că schimbarea direcției razei de lumină în mediu este provocată de o forță care acționează asupra luminii venind dinspre substanță, Newton ajunge la concluzia că raportul între viteza luminii înainte de incidență și viteza în mediu este egal cu raportul între sinusul unghiului de refracție și sinusul unghiului de incidență, cu alte cuvinte, că viteza luminii în mediu trebuie să fie mai mare decît în spațiul vid.

Experiențele directe ale lui Foucault din secolul al XIX-lea au contrazis categoric această concluzie

a lui Newton: viteza luminii în spațiu s-a dovedit mai mare decît în mediu. Multă vreme s-a considerat că experiența lui Foucault infirmă definitiv teoria emanației. Potrivit teoriei moderne a cuantelor, însă, viteza „de grup" a fotonului în mediu, precum și viteza undelor în regiunea dispersiei normale, trebuie să fie mai mică decît în spațiu, și experiența lui Foucault și-a pierdut însemnătatea-i hotărîtoare.

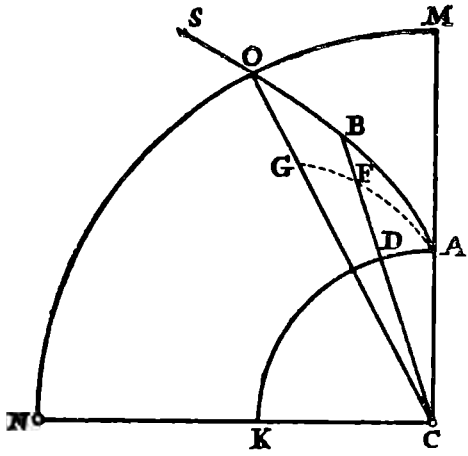
Printre lucrările matematice în domeniul opticii poate fi considerată și teoria newtoniană a refringenței astronomice. Această teorie n-a fost publicată de Newton nicăieri; în *Optică* nu există decît mențiuni scurte despre refracția astronomică. Rezultatele teoriei sale, sub forma teoremei de bază și a tabelelor, au fost comunicate în scrisorile lui către astronomul regal Flamsteed din 1694 și 1695 și au fost examinate pentru prima oară în 1836 de către Biot[1] și apoi, mai complet, în 1935 de către academicianul A.N. Krîlov[2]. A.N. Krîlov a reușit, după scrisorile lui Newton, după unele pasaje din *Principii* și alte materiale, să reconstituie raționamentul și calculele lui Newton, astfel încît această mare lucrare să devină accesibilă și utilă epocii noastre. A.N. Krîlov scrie: „Dacă am dezvolta teoria newtoniană cu ajutorul acelor metode elementare de analiză de care dispunea Newton și dacă am compara-o cu teoriile moderne, vom putea observa imediat cît de simplă și firească este expunerea și cît de puțin, în fond, i s-a adăugat în cei 240 de ani".

La baza teoriei refringenței astronomice a lui Newton a fost pusă următoarea teoremă, pe care el a comunicat-o, fără demonstrație, într-o scrisoare lui Flamsteed:

„Fie *ADK* (Fig. p. 110) reprezentarea globului pămîntesc; să presupunem că acest glob este înconjurat de atmosferă, a cărei densitate scade uniform de la suprafața pămîntului pînă la limita superioară a atmosferei, reprezentată aici de arcul de cerc *MON*. Fie raza *SO* ce cade pe această limită în punctul *O* și trecînd prin

[1] I. B. Biot, *Journal des savants*, 1836.

[2] A. N. Krîlov, *Teoria newtoniană a refracției astronomice*, Leningrad, 1935.



Schema teoremei lui Newton privind refracția astronomică. Din scrisoarea către Flamsteed.

atmosferă pînă la observatorul A, refractîndu-se neîncetat, deviază pe curba OBA.

De la un punct arbitrar B, de pe această curbă, se trage linia dreaptă BC spre centrul Pămîntului, tăind suprafața Pămîntului în punctul D. Să luăm între CB și CD media proporțională CF și fie AFG locul geometric al punctelor F, adică acea curbă pe care se află permanent punctul F; dacă această curbă AFG taie dreapta OC în punctul G, atunci refracția globală a razei care trece de la O la A este proporțională cu suprafața $AFGC$, iar refracția la trecerea părților OB sau BA din curba amintită este proporțională cu suprafețele $GFCG$ și $FACF$".

În legătură cu această teoremă, A.N. Krîlov observă că curba OBA este necunoscută și lungimile BC și CD, printre care trebuie luată media proporțională CF, nu sînt nici ele cunoscute. Newton nu dă nici un fel de indicații cu privire la construirea curbei OBA și, deoarece Flamsteed nu stăpînea cu desăvîrșire „metoda directă și inversă a fluxiunilor" (adică, calculul diferențial și integral) pentru a deduce singur ecuația acestei curbe, ne îndoim dacă din teorema lui Newton el și-a însușit modul de întocmire a tabelului de refracții. Din nefericire, în cărțile și cursurile lui Newton sînt foarte multe teze și teoreme fără demonstrații și de aceea lectura operelor sale se transformă uneori, vrînd-nevrînd, într-o muncă de cercetare.

Analizînd în *Principii* chestiunea cozilor cometelor, Newton citează părerea lui Kepler, și anume că acestea deviază de la Soare sub influența luminii solare și face următoarea observație, cu rezerve, privind presiunea luminii: „Faptul că evaporările cele mai fine

în spațiile libere cedează acțiunii razelor, nu contrazice bunul simț, cu toate că în regiunile noastre, substanțele brute nu dobîndesc mișcări sensibile sub acțiunea razelor Soarelui".

Activitatea de inventator a lui Newton în domeniul aparatelor optice nu s-a mărginit la telescopul-reflector și la microscop.

În anul 1700 el a remis astronomului Halley un proiect detaliat al unui aparat de reflecție pentru măsurarea rapidă pe mare a distanțelor aparente între Lună și stelele imobile. Concepția aparatului este următoarea: luneta este îndreptată spre o stea oarecare, jumătate din obiectivul lunetei este acoperită cu o oglindă, așezată la un unghi de 45° față de obiectiv. Imaginea marginii discului Lunii este prinsă pe o altă oglindă, care se află deasupra primei oglinzi. Aceasta a doua oglindă este legată de un ac lung și se poate învîrti; unghiul de rotație al acului se citește pe un cadru cu diviziuni. Oglinda se învîrtește pînă cînd imaginea Lunii ajunge pe prima oglindă în fața obiectivului și poate fi observată cu ochiul. Ochiul va observa dintr-o dată steaua și marginea Lunii, care pot fi aduse în atingere printr-o învîrtire continuă a oglinzii. După unghiul de rotație a oglinzii se poate determina, destul de repede și precis, distanța unghiulară a Lunii și a stelei date. În acest aparat recunoaștem ușor sextantul naval, care este și astăzi folosit în marină. Pentru motive necunoscute, descrierea aparatului n-a fost publicată și a văzut lumina tiparului abia în 1742, după moartea lui Newton. Independent de el, aparatul a mai fost construit și de Halley în 1731.

Newton se ocupa adeseori, cu plăcere, atît în *Optică*, cît și în scrisorile particulare, de problemele opticii fiziologice, de legătura între excitațiile provocate de lumină și imagine, de vederea cu amîndoi ochii, de nervi, ca transmițători ai mișcărilor oscilatorii, de anatomia ochiului. S-a păstrat un desen mare cu secțiunea ochiului de oaie, făcut de Newton, cu indicațiile exacte ale dimensiunilor naturale. Studiind acest obiect biologic, el n-a renunțat la obiceiul său de a face măsurători exacte. În scrisoarea către filozoful

Locke, din 1691, savantul descrie plastic periculoasa experiență cu „imaginile consecutive", făcută de el asupra ochilor săi proprii. „Lucrurile s-au petrecut astfel, — scrie el, — am privit un scurt timp cu ochiul drept asupra Soarelui în oglindă, apoi am îndreptat ochii spre un colț întunecat, clipind totodată, pentru a observa dacă se obține imaginea și cercurile colorate care o înconjoară... Am repetat acest lucru a doua și a treia oară. A treia oară, cînd lumina și cercurile înconjurătoare erau gata să dispară complet, mi-am încordat închipuirea pentru a le vedea pentru ultima oară și, spre uimirea mea, am văzut atunci că imaginile au început să revină și au devenit cu încetul atît de vii, cum au fost imediat după ce am privit Soarele... Mai curios a fost faptul că, deși am privit Soarele numai cu ochiul drept, și nu cu cel stîng, totuși, închipuirea mea a început să creeze această imagine în ochiul meu stîng, ca și în cel drept... În decurs de cîteva ore ochii mei au ajuns în situația că n-am mai putut privi nici un obiect strălucitor, nici cu un ochi, nici cu celălalt, fără ca Soarele să nu apară înaintea mea, așa că n-am mai îndrăznit nici să citesc, nici să scriu. De aceea, pentru a-mi restabili vederea, m-am închis pe trei zile într-o cameră întunecată, întrebuințînd toate mijloacele pentru a-mi distrage imaginația de la Soare... Abținîndu-mă în decursul altor cîteva zile de a privi obiecte strălucitoare, mi-am readaptat destul de bine ochii, deși nu complet căci, și după aceasta, timp de cîteva luni, imaginea Soarelui începea să revină ori de cîte ori începeam să mă gîndesc la acest fenomen, chiar dacă eram în pat, la miezul nopții, și cu storurile lăsate".

Un oarecare dr. Maddock i-a adresat lui Newton întrebarea, dacă nu există raze care nu acționează asupra ochiului și i-a relatat despre fanteziile sale cu privire la asemenea „raze întunecate". Întrebarea incita, bineînțeles, la experiență, însă în anii aceia Newton încetase să experimenteze și a răspuns că atîta timp cît nu vor fi lămurite legile de refracție ale acestor raze, existența lor este îndoielnică. Astfel,

descoperirea razelor infraroșii și ultraviolete a fost, din nefericire, întîrziată cu peste un secol.

În scrisoarea din 10 august 1691 expediată lui Flamsteed din Londra, Newton îi adresează, între altele, următoarea rugăminte: „Aș fi foarte bucuros să aflu de la dv. (observînd eclipsa sateliților lui Jupiter printr-un telescop lung), care este culoarea satelitului în momentul dispariției lui, roșie sau albastră, și dacă ea devine mai vie sau mai palidă ca înainte?“ Este evident că Newton voia să afle dacă viteza de propagare a luminii în spațiul interplanetar este aceeași pentru diferite culori. Din cauza distanței mari între Jupiter și Pămînt chiar o diferență foarte mică a vitezei luminii pentru diferitele părți ale spectrului ar fi provocat o schimbare radicală a culorii satelitului în momentul eclipsei. Problema unei asemenea dispersii posibile a luminii în spațiu a fost pusă din nou în secolul al XIX-lea și a obținut iarăși un răspuns negativ.

Munca încordată a lui Newton în domeniul opticii a durat aproape 16 ani (1664—1680). Ulterior el revine la optică doar întîmplător și episodic.

În acești 16 ani a fost realizată o operă imensă. Pînă la Newton, fizica optică reprezenta o îngrămădire haotică de observații disparate, nesistematizate, fără să mai vorbim de teorie. Newton a creat o teorie a luminii cu un bogat conținut, nou din punct de vedere calitativ și cantitativ. Teoria newtoniană a luminii și a culorilor a unificat și a lămurit multe lucruri, lăsînd însă în mod intenționat nerezolvată problema naturii luminii. Teoria sa și-a păstrat însemnătatea (nu numai în accepția „istorică“, ci și în accepția cea mai obișnuită) pînă în zilele noastre. Aceasta se datorează metodei sale ireproșabile, care îmbină experiența cantitativă și logica cu un minimum de presupuneri ipotetice.

De altfel, în lucrările sale de optică Newton apare totodată ca un strălucit maestru al ipotezelor, care depășea fără îndoială, și în această artă, majoritatea contemporanilor săi. Însă construcțiile ipotetice ale lui Newton n-au rezistat, în majoritatea cazurilor, la

examenul timpului și, în cazul cel mai bun, și-au păstrat valoarea ca intuiri geniale.

Ca metodă necesară și de bază în cercetarea naturii, experiența se aplică, desigur, în fizică, și în alte științe din vremuri imemorabile, dar aproape întotdeauna ea a avut caracterul observației pasive, însoțită, în cazul cel mai bun, de măsurători cantitative. Newton a reușit să confere metodei experimentale un caracter activ: prin intermediul ei se puteau pune naturii întrebări și obține răspunsuri la ele. *Optica* sa a devenit pentru generațiile care au urmat o școală a experienței nu numai în domeniul fenomenelor luminoase, ci și în toate domeniile științelor naturii.

Totuși, în realitate, soarta lucrărilor optice ale lui Newton, în cei 270 de ani care s-au scurs de la publicarea lor, a fost nestatornică. Paralel cu continuatori și discipoli, s-au găsit din timp în timp oameni care puneau la îndoială justețea experiențelor lui Newton. Iezuitul Castel, de pildă, a putut scrie în 1743: „Trebuie să credem că Newton nu a privit niciodată obiectele prin prismă, ci le-a văzut numai pe o hîrtie, foarte îndepărtată de prismă, după încrucișarea razelor". În opera sa voluminoasă *Teoria culorilor* din 1808, Goethe a caracterizat astfel lucrările lui Newton în domeniul luminii: „Găsim aceasta a opta minune a lumii arătînd ca o ruină părăsită, care amenință să se prăbușească, și începem să dărîmăm turnurile și acoperișurile, pentru ca Soarele să pătrundă, în sfîrșit, în acest cuib vechi de bufnițe și șoareci și să lumineze drumețului uimit labirintul încîlcit, înghesuiala, îngrămădirea, artificialitatea intenționată și cîrpeala lamentabilă". Acest atac al marelui poet s-a terminat însă, cu o deplină înfrîngere. Vechiul castel al opticii lui Newton este puternic și astăzi, cu toate arhaismele lui, căci este clădit pe temelia cea mai solidă din lume — pe experiența rațională.

Newton este adeseori considerat ca autorul și apărătorul principal al teoriei emanaționiste, corpusculare, a luminii. Am văzut că aceasta nu este exact. El considera inacceptabilă teoria pur ondulatorie a luminii și teoria lui Descartes, opunîndu-le o serie de fapte,

pe care teoria ondulatorie n-a fost în stare să le explice. Teoria de compromis, care unește unele avantaje ale teoriei ondulatorii și ale teoriei emanației, a fost susținută de Newton fără vreo insistență deosebită. Ea nu a fost atît de necesară lui, cît „amatorilor de ipoteze". El n-a dezvoltat-o și nici nu socotea necesar acest lucru. Cu alte cuvinte, el n-a avut vreo ipoteză determinată despre natura luminii, considerînd că nici o ipoteză nu derivă din experiență în mod necesar și univoc. Totuși, tocmai teoria emanaționistă fictivă a luminii a lui Newton a constituit ținta principală a atacurilor fizicienilor în secolul al XVIII-lea. În acest sens s-au afirmat Euler, Lomonosov și mulți alții. Critica a fost ușoară și acest „castel din Spania" s-a predat fără rezistență.

Pe de altă parte, ipoteza corpusculară avea avantajele ei indiscutabile din punctul de vedere al metodei, care au devenit clare mai ales astăzi, cînd această ipoteză se aplică, deși în formă neexplicită, și dă rezultate care anticipează experiența, ceea ce constituie, înainte de toate, utilitatea oricărei ipoteze.

Paralel cu telescopul, o noutate științifică care a interesat multă lume în secolul al XVII-lea, a fost pompa de aer, construită de primarul de la Magdeburg — Otto von Guericke. Pompa oferea posibilitatea studierii substanței în stare gazoasă, care părea misterioasă prin insesizabilitatea și informitatea sa. Foarte multe experiențe cu pompa a efectuat Boyle, avîndu-l pe Hooke ca asistent. În cercurile Societății regale aceste experiențe au constituit un obiect permanent de demonstrații și discuții. Experiențele cu pompa de aer constituie tema principală în corespondența dintre Newton și Boyle.

Fără îndoială că pe baza „experiențelor pneumatice" s-au născut și s-au maturizat ideile lui Newton asupra eterului, care constituie laitmotivul activității sale științifice în perioada 1670—1680. Noțiunea despre eter a apărut ca o extrapolare firească a experiențelor cu pompa de aer. Tema principală a amplului memoriu „ipotetic" al lui Newton din 1675, despre care ne-am ocupat în al șaselea și al șaptelea capitol, a fost, desigur

eterul. Ce înțelegea Newton prin eter? El răspunde destul de clar la această întrebare, și anume: „În ipoteză, trebuie să admitem existența unui mediu de eter, foarte asemănător prin structura lui cu aerul, dar mult mai rarefiat, mai fin și mai elastic. Un argument important în favoarea existenței acestui mediu îl constituie mișcarea pendulei într-un vas de sticlă, lipsit de aer, care încetează aproape tot atît de repede ca și în aer liber". Prin urmare, după Newton, eterul este un gaz de o densitate foarte mică. Apoi, el aduce argumente pentru a demonstra că eterul se compune din diferite „spirite eterice", ca și aerul, care se compune din masa inertă a aerului, amestecată cu diferiți „vapori și emanații de evaporare". Newton nu precizează mai mult noțiunea de eter. Eterul său este foarte asemănător cu eterul pe care și-l reprezenta D.I. Mendeleev. Mendeleev arăta chiar locul eterului în sistemul periodic al elementelor chimice și-l denumea „Newtoniu".

După presupunerea lui Newton, în perioada 1670—1680, acest eter putea fi principiul prim al tuturor lucrurilor. „Este posibil, scria el, că întreg edificiul naturii nu este altceva decît diferite combinații ale unor spirite sau vapori eterici condensați, așa cum vaporii se condensează și se transformă în apă". Eterul, după Newton, poate explica dinamica fenomenelor, în special a căderii corpurilor: „Corpul mare al Pămîntului — scrie el — în care pretutindeni, în toate părțile lui, poate pînă la centrul lui, are loc un travaliu veșnic, poate condensa o cantitate atît de mare din acest spirit, încît pentru completarea rezervelor el provoacă o coborîre de sus a acestuia cu o viteză enormă; în cursul acestei coborîri, eterul poate atrage după sine și corpuri îmbibate de el, cu o forță proporțională cu suprafața tuturor particulelor asupra cărora acționează... E posibil că și Soarele, ca și Pămîntul, absoarbe din abundență acest spirit pentru a-și întreține strălucirea și pentru a reține planetele la o depărtare continuă de el". Ca și cum ar fi fost un reprezentant al concepțiilor pur ondulatorii asupra naturii luminii, Newton presupune apoi, că „eterul, ca și aerul, poate efectua oscilații, dar mult mai rapide și mai mici".

După părerea sa, oscilațiile eterului se succed unele după altele la o distanță mai mică de 1/1000 de țol (adică $2{,}5 \times 10^{-5}$ cm). Această mărime este luată, probabil, din experiențele cu inelele de interferență și corespunde unei jumătăți de lungime de undă. Prin analogie cu sunetul, Newton presupune că oscilațiile eterului se deosebesc după mărime și nu după viteză. S-a arătat mai sus, cum a aplicat Newton noțiunea despre eter pentru explicarea fenomenelor de reflexie și refracție a luminii, ale inelelor de interferență și ale difracției. Tot prin curente de aer se explică, după părerea sa, și fenomenele atracțiilor și repulsiilor electrostatice, procesele de dizolvare, contracția și destinderea mușchilor și altele.

Această concepție n-a fost un episod trecător. Patru ani mai tîrziu, în 1679, într-o scrisoare amplă către Boyle, Newton o dezvoltă din nou, cu unele variații, păstrînd însă esențialul. Se presupune din nou că pretutindeni se află răspîndită o anumită substanță eterică, capabilă de contracție și destindere, extraordinar de elastică, „într-un cuvînt, în toate privințele asemănătoare cu aerul, dar mult mai fină ca acesta".

„Eu presupun — scrie, în continuare, Newton lui Boyle, — că acest eter pătrunde în toate corpurile mari, dar el este mai rarefiat în porii acestor corpuri, decît în spațiul liber, și cu atît mai rarefiat, cu cît porii sînt mai mici. Împreună cu alții,[1] eu presupun că aici este cauza refracției luminii care cade perpendicular pe asemenea corpuri, a aderenței a două metale bine lustruite într-un recipient din care a fost scos aerul, a faptului că mercurul se ridică drept pînă la vîrful tubului de sticlă, la o înălțime de peste 30 țoli[2] și a aderenței părților tuturor corpurilor. În aceasta constă și cauza filtrării, a ridicării apei în tuburi înguste de sticlă deasupra nivelului apei din vasul înconjurător. Căci, eu presupun, că eterul poate fi mai

[1] Nu e clar la cine s-a referit Newton vorbind despre „alții". Poate Hooke și Grimaldi?

[2] Este vorba de aderarea mercurului, pe care ulterior tot el a explicat-o prin aderența moleculară.

rarefiat nu numai în porii foarte mici ai corpului, ci și în canalele foarte vizibile ale acestor tuburi". Apoi urmează o listă lungă de fenomene fizico-chimice și pur chimice, explicate cu ajutorul eterului.

Scrisoarea se termină cu rînduri consacrate gravitației. „Voi mai adăuga o idee — scrie Newton — care mi-a venit în minte scriind scrisoarea. Este vorba de cauza gravitației. Pentru aceasta, eu presupun că eterul este compus din părți care se deosebesc între ele în mod continuu prin finețea lor. În porii corpurilor se află mai puțin eter brut decît fin, în comparație cu spațiul liber. În consecință, în marele corp al Pămîntului se găsește mult mai puțin eter brut decît fin, în comparație cu spațiile aeriene. Eterul brut din aer acționează asupra regiunilor superioare ale Pămîntului, iar eterul fin al Pămîntului — asupra regiunilor inferioare ale aerului, în așa fel încît, de la straturile superioare ale aerului spre Pămînt și de la suprafața Pămîntului spre centrul lui, eterul devine din ce în ce mai fin. Închipuiți-vă acum un corp suspendat în aer sau așezat pe Pămînt. Întrucît, conform ipotezei, eterul este mai brut în porii din părțile superioare ale corpului, decît în părțile inferioare, iar eterul brut este mai puțin în stare să rămînă în porii săi decît eterul fin în ai săi, el va ieși și va lăsa drum liber eterului fin de jos, ceea ce nu se poate întîmpla dacă corpul nu va coborî, lăsînd loc liber pentru ieșirea eterului brut". Comparînd varianta explicării gravitației din memoriu și din scrisoarea către Boyle, se pot constata deosebiri esențiale.

Eterul lui Newton din perioada 1670—80 care umple universul, prin mișcările sale, prin diferența densităților și presiunilor, dă naștere tuturor fenomenelor naturale principale, este apropiat de spațiul plin al lui Descartes, iar ierarhia „finețelor" eterului este înrudită cu ierarhia particulelor lui Descartes. La Newton lipsesc doar vîrtejurile lui Descartes. Ulterior, după cum se vede din *chestiunile Opticii* și din *Principii*, el a renunțat categoric la acest eter,

care umple spațiul, lăsîndu-i loc numai în interiorul corpurilor și în afară, în apropierea suprafeței lor.

Perioada cînd Newton a fost preocupat de ipoteza eterului poate fi considerată ca tranzitorie. De la problemele optice, care au fost cauza apariției acestei ipoteze, el trece pe nesimțite la problemele astronomiei și mecanicii, spre care l-a atras într-o mare măsură concepția optică a eterului. În jurul anului 1680, el este absorbit aproape în întregime de această nouă sferă de probleme.

În anii de tranziție s-a schimbat simțitor și viața lui Newton. În 1675 i-a expirat stagiul de membru la Trinity-College: după statut el trebuia să accepte un rang bisericesc sau să părăsească colegiul. Această împrejurare l-a frămîntat, pare-se, foarte mult și făcea ca viitorul lui să fie incert. E posibil ca din inițiativa lui Barrow, care era atunci *master* al colegiului, sau poate chiar din inițiativa sa proprie, a fost înaintată regelui o cerere de a i se aproba să rămînă membru al colegiului atîta timp cît va deține catedra Lucas. La 2 martie 1675 a venit aprobarea de la Whitehall și Newton a fost eliberat de o mare grijă. Pentru acele vremuri, aprobarea regală a constituit un semn de o mare și neobișnuită atenție.

În 1677 el și-a pierdut profesorul și prietenul său I. Barrow, iar în 1678 a murit secretarul Societății regale, Oldenburg, a cărui corespondență cu Newton a fost calea principală prin care descoperirile sale deveneau un bun public.

Originar din Bremen, Oldenburg (1626—1678) a studiat la Oxford și a fost un timp consul al Saxoniei. Din momentul înființării oficiale a Societății regale (1662), el a devenit secretarul ei și împreună cu Hooke a făcut foarte multe pentru consolidarea acesteia, pentru reglementarea muncii și a activității ei editoriale. Oldenburg întreținea o vastă corespondență, care a contribuit mult la dezvoltarea științei în Anglia și în alte țări din Europa; el a apărat adesea Societatea și știința liberă împotriva răuvoitorilor și obscurantiștilor. În prefața la volumul V din *Philosophical Transactions*, făcînd reproșuri acestor amatori de a

opri roata istoriei culturii, el se referă la dezvoltarea științei în toate părțile lumii.

Moartea lui Oldenburg amenința să izoleze și mai mult activitatea lui Newton de lumea exterioară. În locul lui, Societatea i-a ales pe Grew și pe Hooke, și corespondența cu Societatea trebuia dusă acum prin Hooke, care era foarte puțin agreabil lui Newton.

Al doilea corespondent permanent al lui Newton, Collins, al cărui nume a fost pomenit mai înainte, s-a îmbolnăvit grav în 1676 și corespondența între ei a încetat. El a murit în 1683. Izolarea științifică a lui Newton devenise și mai mare.

Pînă și colegul de cameră al lui Newton de la Trinity-College, cu care a stat ani îndelungați împreună, un oarecare John Wheekins, s-a mutat în 1684 în altă parte. Se poate că Wheekins îi plăcea lui Newton din cauza caracterului său taciturn și a „neamestecului" în treburile lui. Cînd, mai tîrziu, Condwitt s-a adresat fiului lui Wheekins cerîndu-i să-i comunice amintirile tatălui său despre Newton, el a primit informații foarte sumare: „Am auzit de la tatăl meu — scria acesta — că el a fost adeseori martor, cum sir Isaac, cufundat în lucrările sale, uita de mîncare sau se scula satisfăcut că a găsit vreo formulă; în asemenea ocazii el n-avea nici o poftă să se culce, ca și cum ar fi pierdut nevoia de somn. El a albit, cred, pe la 30 de ani, și cînd tatăl meu i-a atras atenția asupra faptului că aceasta este rezultatul profundei activități intelectuale, el a răspuns, glumind, că culoarea albă a părului a provenit din cauza deselor experiențe cu mercurul".

Totuși, în locul vechilor relații, în 1680 Newton a intrat în legături de prietenie, de un caracter cu totul diferit, cu tînărul aristocrat Charles Montague, admis la Trinity-College. Această prietenie a durat pînă la moartea lui Montague și a jucat un mare rol în viața ulterioară a lui Newton, determinînd mutarea lui la Londra și obținerea slujbei la Monetărie.

Amenințarea de „a rupe cu filozofia", exprimată lui Oldenburg în acești ani de tranziție, Newton a respectat-o în mare măsură. El nu a publicat nimic, iar în

corespondența sa scrisoarea către Boyle despre eter este aproape unică științifică, dar și în ea se repetă în esență memoriul din 1675. Newton și-a continuat activitatea didactică la catedră. S-au păstrat cursurile sale de algebră și aritmetică, pe care le-a ținut timp de zece ani (1673—1683). El venea deseori la Woolsthorpe și, probabil, petrecea mult din timpul său în laboratorul de chimie. Alte informații privind această perioadă nu există.

PRINCIPIILE MATEMATICE ALE FILOZOFIEI NATURALE
PREDECESORII LUI NEWTON. NOUA DISPUTĂ CU HOOKE. PRIMA EDIȚIE A *PRINCIPIILOR*
1680 – 1687

Precum am văzut, trecerea lui Newton de la problemele de optică la cele de mecanică s-a făcut treptat. În lucrările sale de optică Newton atingea în mod invariabil, într-un fel sau altul, problemele privitoare la mișcarea corpurilor cerești și la gravitație. Ipoteza eterului formulată de Newton în perioada 1670—80, îmbrățișa în măsură egală fenomenele optice și gravitația. Studiul simultan al opticii și al gravitației era, în genere, foarte răspîndit în secolul al XVII-lea. Sistemul lui Descartes explica în același mod sau, mai bine zis, nu explica de loc mișcarea planetelor și legile optice. Profesorul lui Newton, Barrow, lucra concomitent în ambele domenii, dar îndeosebi la Hooke și la Huyghens se împleteau cercetările în domeniul opticii și al gravitației. În acest sens, dualitatea de interese, pe care o constatăm la Newton, era un lucru obișnuit în acca epocă.

Se cunoaște povestea după care Newton a ajuns la descoperirea legii gravitației universale urmărind, la Woolsthorpe, căderea neașteptată a unui măr dintr-un pom. Această poveste este, pare-se, autentică și nu e o legendă. Stukeley relatează următoarea scenă, petrecută în anii bătrîneții lui Newton: „După dejun (la Londra, fiind în vizită la Newton) se făcuse foarte cald; am trecut în grădină să bem ceai la umbra unor meri; eram numai noi doi. Printre altele, sir

Isaac mi-a spus că se afla exact în aceleași împrejurări, cînd i-a venit în minte pentru prima oară ideea despre gravitație. Ea a fost provocată de căderea unui măr, pe cînd el ședea cufundat în gînduri. De ce mărul cade întotdeauna vertical, s-a gîndit el, de ce nu lateral, ci întotdeauna spre centrul Pămîntului? Trebuie să existe o forță de atracție în materia concentrată în centrul Pămîntului. Dacă o materie atrage astfel o altă materie, trebuie să existe o proporționalitate față de cantitatea ei. De aceea mărul atrage Pămîntul tot așa cum Pămîntul atrage, la rîndul lui, mărul. Trebuie să existe deci o forță analogă aceleia pe care noi o numim gravitate și care se întinde în întreg universul".

Povestea lui Stukeley a rămas puțin cunoscută, în schimb pretutindeni s-a răspîndit o relatare analogă a lui Voltaire, pe care acesta a aflat-o de la nepoata lui Newton. Povestea a plăcut, unii au început să arate chiar mărul care ar fi servit ca motiv pentru apariția *Principiilor*, poeții și filozofii s-au folosit de metaforă, comparînd mărul lui Newton cu mărul care l-a nenorocit pe Adam sau mărul lui Paris; oamenilor străini de știință le-a plăcut mecanismul simplu al apariției unei idei științifice complicate. Sînt încă destui oameni care nu știu altceva despre Newton decît ceea ce este legat de această poveste cu mărul.

Este neîndoios faptul că Newton s-a ocupat de problema gravitației în 1666. Aceasta era, în genere, o problemă actuală și în acea vreme mulți se interesau de ea. În scrisoarea către Halley, din 1686, Newton afirmă că deja în 1665 sau 1666 el a dedus din legile lui Kepler că forța gravitației trebuie să scadă invers proporțional cu pătratul distanței dintre corpurile care se atrag reciproc. Într-o altă scrisoare către Halley, din același an, el scrie următoarele: „În însemnările mele de acum 15 ani (nu pot cita data precisă, dar în orice caz aceasta a fost înainte de a fi intrat în corespondență cu Oldenburg), eu am exprimat proporționalitatea inversă cu pătratul distanțelor a gravitației planetelor spre Soare și am calculat raportul

just între greutatea Pămîntului și *conatus recedendi* (atracția) Lunii spre centrul Pămîntului, deși nu îndeajuns de precis".

În afară de aceasta, în hîrtiile lui Newton există următoarea notă, mai detaliată: „În același an (1666) am început să meditez asupra gravitației, care se întinde pînă la orbita Lunii, și am găsit cum trebuie evaluată forța cu care un glob, care se învîrtește înăuntrul unei sfere, apasă asupra suprafeței acesteia. Din regula lui Kepler că perioadele planetelor sînt proporționale cu puterea unu și jumătate a distanței de la centrele orbitelor lor, am dedus că forțele care rețin planetele în orbitele lor trebuie să fie în raport invers cu pătratele distanțelor lor de la centrele în jurul cărora ele se învîrtesc. De aici am comparat forța necesară pentru menținerea Lunii în orbita ei cu forța greutății pe suprafața Pămîntului și am găsit că corespund aproape între ele. Aceasta a avut loc în cei doi ani de ciumă, 1665 și 1666, căci pe vremea aceea am fost la apogeul dezvoltării forțelor mele de inventator și mă gîndeam la matematică și filozofie mai mult ca oricînd mai tîrziu". În orice caz, dacă în 1666 Newton a putut să deducă legea gravitației din legile lui Kepler, el trebuia să cunoască expresia forței centrifuge și *Principiile*, într-o formă inițială, se conturaseră deja în timpul studenției sale.

Cum i s-a întîmplat adesea lui Newton, problema gravitației și alte probleme ale mecanicii au fost date la o parte, fără vreun motiv precis, pentru mai multă vreme și el s-a concentrat în întregime asupra problemelor de optică. Se pare că el a revenit la problemele de mecanică abia către anul 1679, adică după o întrerupere de aproape 15 ani. Cu toată legătura indiscutabilă între cercetările optice și mecanice ale lui Newton și ale altor fizicieni contemporani cu el, tranziția a fost pentru el destul de bruscă. Era vorba nu numai de schimbarea domeniului cercetărilor, ci și de o nouă metodă. De la experiență Newton trecea în domeniul fizicii matematice. În 1675 Collins scria lui Gregory că „speculațiile matematice li se par acum lui Newton și lui Barrow, la urma urmei, aride și

sterile". În perioada 1680—1690, cînd au fost publicate *Principiile*, lui Newton îi plăcea, dimpotrivă, să se intituleze matematician iar titlul pe care îl dă cărții este — *Principiile matematice ale filozofiei naturale*.

Newton îmbina însușirile unui experimentator, ale unui teoretician și matematician genial, însă în anii 1680—1690 se constată că în locul pasiunii spre experimentare apare la el înclinația spre probleme matematice. El își continuă lucrările de chimie, însă la experiența fizică exactă revine foarte rar.

Pentru a înțelege locul istoric al *Principiilor* este necesară o perspectivă; trebuie să examinăm, măcar pe scurt, situația mecanicii, a astronomiei și a cunoștințelor asupra forței gravitației din perioada anterioară.

Adevărata formulare a problemei a devenit posibilă abia de la descoperirea lui Copernic, o dată cu trecerea de la sistemul geocentric al lumii la sistemul heliocentric. Mișcarea aparent complicată a planetelor devenise simplă și formularea problemei mecanice a apărut astfel posibilă. Din momentul apariției cărții lui Copernic și pînă la publicarea *Principiilor* a trecut aproape un secol și jumătate. În această perioadă s-au realizat multe lucruri. În 1609 Kepler a publicat două legi empirice ale mișcării planetelor, descoperite de el cu ocazia prelucrării datelor privitoare la planeta Marte. *Legea I*: planetele se mișcă pe elipse în focarul cărora se află Soarele. *Legea a II-a*: linia care unește planeta și Soarele, sau raza-vectoare, descrie în timpuri egale arii egale (legea ariilor). În 1618 Kepler descoperă *Legea a III-a*, care leagă mișcările diferitelor planete în jurul Soarelui: pătratele timpilor de rotație a planetelor sînt proporționale distanțelor lor medii de Soare, luate la puterea a treia. În modul acesta a fost găsită expresia matematică clară pentru mișcarea corpurilor sistemului solar. În ce măsură sînt precise aceste legi empirice, se poate judeca după faptul că, chiar cu metodele moderne fine ale observațiilor astronomice, numai în mișcarea planetelor celor mai apropiate de Soare se pot observa unele

abateri extrem de mici de la legile lui Kepler (dacă se ține seamă de așa-zisele perturbații, produse de alte planete). Kepler a formulat problema astronomică foarte clar și precis. Care ar trebui să fie legile mai generale ale naturii, ca să poată lua naștere mișcarea descrisă empiric de legile lui Kepler? Kepler însuși căuta aceste legi și se apropia, prin tatonări, de adevăr. Cauza mecanică a mișcării planetelor se află, după Kepler, în Soare, căci se pare că, cu cît mai depărtată este o planetă de Soare, cu atît ea se mișcă mai încet; Soarele se învîrtește în jurul unei axe fixe, în aceeași direcție ca și planetele, ca și cum le-ar antrena după el. De la Soare se propagă, în linii drepte, o forță care obligă planetele să se miște o dată cu el. Deosebirile între timpii de rotație a planetelor provin din cauza micșorării forței solare în raport cu distanța. Lumina și forța care emană de la Soare sînt în multe privințe asemănătoare, dar totodată și deosebite. Lumina este emisă de pe suprafață și scade, ca suprafață, în raport cu distanța (adică invers proporțional cu pătratul distanțelor), iar forța care emană de la Soare scade, după Kepler, proporțional cu distanța. Spre deosebire de lumină, această forță se propagă numai în planul în care sînt așezate Soarele și planetele și nu „se risipește fără rost" în alte direcții.

În opera sa principală *Astronomia nouă sau fizica cerească* (1609), Kepler analizează problema gravitației corpurilor. Gravitatea este tendința corpurilor înrudite de a se uni și se aseamănă cu atracția magnetică. Dacă două pietre s-ar găsi într-un loc unde nu acționează alte corpuri, ele s-ar fi unit ca doi magneți. Tot astfel Pămîntul și Luna s-ar fi unit, dacă o forță oarecare n-ar fi menținut Luna în stare de rotație permanentă. Forța de atracție între Pămînt și Lună poate fi ușor observată după fluxul mării. Apa s-ar fi revărsat în întregime peste Lună, dacă n-ar fi reținut-o Pămîntul. În aceste intuiri ale lui Kepler nu este greu, desigur, să descifrăm o prevestire a teoriei lui Newton, însă nu avem motive să presupunem o influență directă a ideilor lui Kepler, căci în

anii studenției Newton a studiat numai lucrările de optică ale lui Kepler.

Pe lîngă lucrările lui Kepler, rezultatele obținute de Galileu în studiul legilor căderii corpurilor pregăteau pentru Newton terenul într-o altă direcție. Galileu a fost fondatorul dinamicii raționale, adică al teoriei mișcării corpurilor sub acțiunea unor forțe. Marele merit al lui Galileu a constat în faptul că a reușit să descopere în mișcare elementul ei esențial și să facă abstracție de lucrurile întîmplătoare. După Aristotel, un corp se va mișca, sub acțiunea forței, în linie dreaptă, cu o viteză constantă. Această concepție se baza pe o experiență primitivă: sub acțiunea permanentă a calului, căruța merge pe drum în linie dreaptă și cu o viteză uniformă; cînd calul își va înceta efortul, căruța se va opri. Galileu a știut să separe în mișcarea reală forțele întîmplătoare (frecarea, rezistența aerului etc.) și, studiind mișcarea corpurilor pe un plan înclinat, a ajuns la concluzia că fără acțiunea unor forțe, un corp se va mișca uniform sau va rămîne în stare de repaus.

Descartes a înțeles însemnătatea acestei concluzii a lui Galileu și a arătat că mișcarea fără acțiunea forțelor trebuie să fie rectilinie. Vom reveni mai departe la această lege de bază a mecanicii în legătură cu formula lui Newton. Galileu a schițat și a doua lege a mecanicii, legea acțiunii independente a forțelor, care poate fi formulată astfel: dacă asupra unui corp în mișcare va acționa o forță nouă, noua mișcare se va compune din mișcarea anterioară și din acea mișcare pe care forța dată a comunicat-o corpului în stare de repaus. Principiile lui Galileu au fost folosite în mod strălucit de Huyghens în tratatul său *Horologium oscillatorium* (Ceasul cu pendul) (1673). Anticipîndu-l pe Newton, Huyghens află expresia forței centrifuge, constanta perioadelor pendulului circular, rezolvă problema ciocnirii sferelor elastice etc.

Legile lui Kepler au formulat o problemă determinată de mecanică. Legile lui Galileu au stabilit principiile pe baza cărora problema urmează a fi rezolvată; iar Huyghens a elaborat primele metode sim-

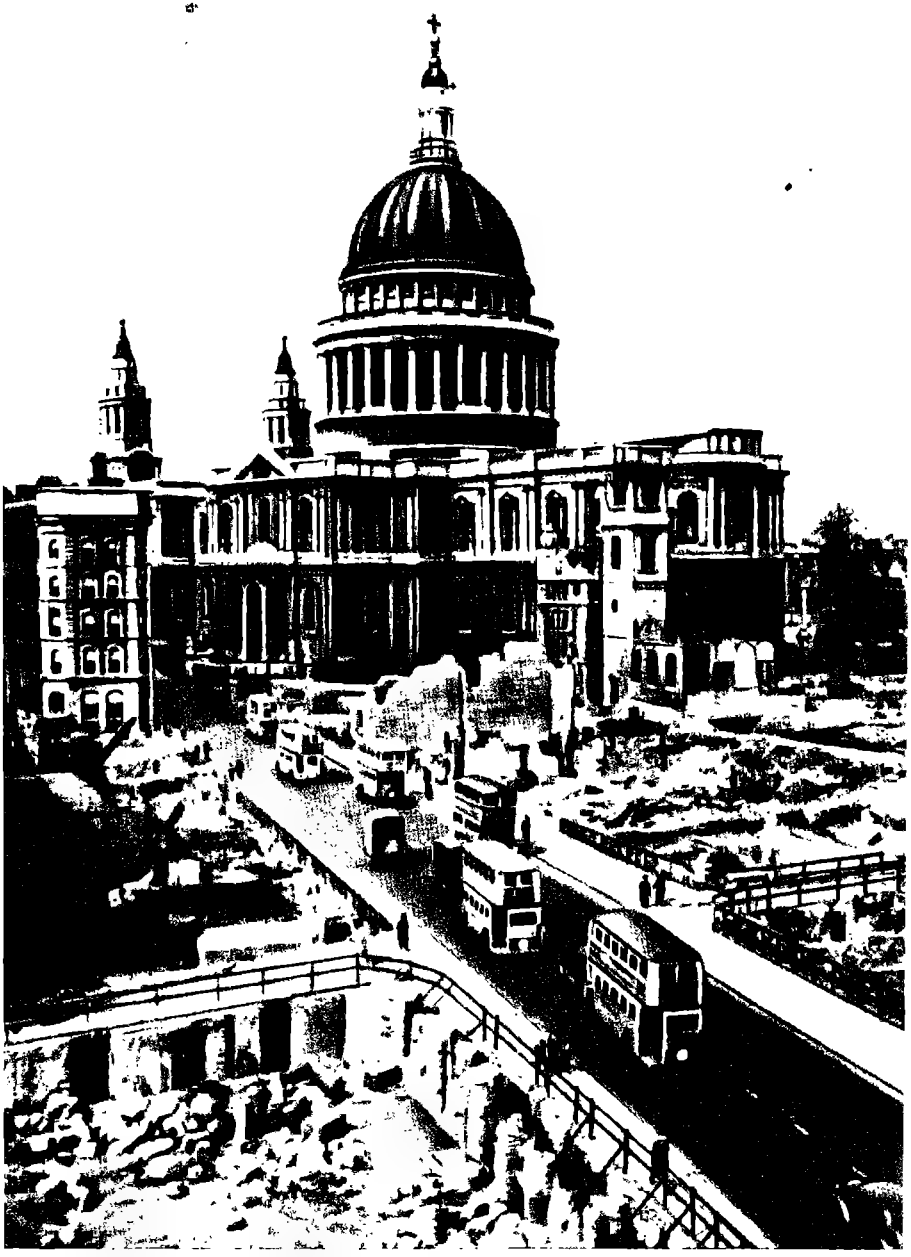
ple pentru rezolvarea problemelor de dinamică. Așa ni se prezintă lucrurile acum, cînd privim retrospectiv în adîncul istoriei științei, însă această schemă logică a fost înțeleasă, pentru prima oară, abia de Newton. Darul nemaivăzut de a desprinde din complexitatea fenomenelor baza lor fizică și geniul matematic al lui Newton i-au permis să rezolve problema pînă la capăt. Aceasta este schema istorică a descoperirii legii gravitației universale.

În realitate însă, știința nu s-a dezvoltat pe o linie chiar atît de dreaptă. Mulți intuiau existența problemei, dar nimeni n-a putut găsi metoda analitică corespunzătoare. S-a încercat rezolvarea problemei pe cale inversă, plecînd de la o anumită ipoteză cu privire la originea forței gravitației sau s-a schițat doar calitativ acea cale, pe care a urmat-o și Newton. El citează în *Principii* numele lui Bouilleaud [1], Borelli și Hooke, pe care îi consideră drept predecesorii săi. Cartea lui Bouilleaud, apărută la Paris în 1645, este, în fond, foarte conservatoare. Autorul adoptă punctul de vedere al lui Aristotel, criticînd concepțiile lui Kepler. Pentru Newton a fost importantă numai observația lui Bouilleaud, că părerea lui Kepler, potrivit căreia forța care emană de la Soare se propagă numai în planul de rotație a planetelor și, în consecință, scade în proporție inversă cu distanța față de Soare, nu este justă. După Bouilleaud, forța trebuie să se propage de la o suprafață la altă suprafață și trebuie de aceea să scadă în proporție inversă cu pătratul distanței față de Soare. Formulînd această observație, Bouilleaud nu adoptă totuși punctul de vedere al ipotezei despre existența unei forțe centrale, emanînd de la Soare.

Mai importante pentru Newton au fost considerentele dezvoltate de italianul Borelli în 1666. Cercetînd mișcarea planetelor și a sateliților lui Jupiter, Borelli a tras concluzia că trebuie să existe o anumită tendință naturală a corpurilor cerești de a se uni unele cu altele. Pe de altă parte, mișcarea de rotație provoacă în corp o anumită tendință centrifugă pornită de la centrul

[1] Bouilleaud — astronom francez (1605—1694).

ISAAC NEWTON — PREȘEDINTE AL SOCIETĂȚII REGALE. DUPĂ PORTRETUL DE CHARLES GERWAISE, TRANSMIS SOCIETĂȚII DE CĂTRE NEWTON LA 16 MAI 1717.



CATEDRALA ST. PAUL, CONSTRUITĂ DE WREN, MEMBRU AL SOCIETĂȚII REGALE. ÎN IULIE 1710, NEWTON A EFECTUAT EXPERIENȚE ÎN ACEASTĂ CATEDRALĂ, LANSÎND DE PE CUPOLĂ DOUĂ BALOANE, UNUL UMPLUT CU MERCUR, CELĂLALT — GOL (V. *PRINCIPII*, CARTEA A 2-A). FOTOGRAFIA A FOST FĂCUTĂ ÎN 1941. ÎN URMA BOMBARDAMENTULUI SĂLBATIC AL AVIAȚIEI HITLERISTE, CARTIERUL DIN JURUL CATEDRALEI A FOST DISTRUS, OFERIND O PERSPECTIVĂ NEOBIȘNUITĂ SPRE CLĂDIREA ARMONIOASĂ A LUI WREN.

rotației. Dacă aceste două tendințe, una venind de la Soare, iar alta îndreptată spre Soare, sînt egale între ele, atunci planeta dată se poate mișca numai pe o distanță determinată față de Soare. Să presupunem că într-un moment oarecare planeta se află la o astfel de distanță de Soare și se mișcă cu o astfel de viteză, încît forța centrifugă este mai mică decît atracția spre Soare. Planeta se va apropia de Soare, trecînd de la un cerc cu o rază mai mare la un cerc cu o rază mai mică, și va ajunge într-un loc unde ambele forțe se vor echilibra. Planeta își menține însă viteza dobîndită la coborîre către Soare (legea lui Galileu) și de aceea în rotația sa ea va continua să se apropie, pînă cînd forța centrifugă va învinge atracția. Atunci planeta va începe să se depărteze de Soare pînă cînd va ajunge în situația inițială. În felul acesta explică Borelli mișcarea eliptică a planetei în jurul Soarelui.

Acestui tablou al mișcării planetare îi lipsesc numai simbolurile matematice și o expresie determinată pentru forța centrifugă și forța gravitației. Trebuie să subliniem însă caracterul sintetic al teoriei lui Borelli. Se presupune existența forței de gravitate și de aici se trage concluzia despre mișcarea curbilinie închisă a planetei.

Precum vom vedea, Newton a urmat o cale opusă, calea analitică.

Legătura dintre forța gravitației și mișcările planetare devenise în orice caz evidentă și înaintea lui Newton. Încă în 1661, adică pînă la înființarea ei oficială, Societatea regală a însărcinat, într-una din ședințele ei, o comisie specială, din care a făcut parte Boyle, să cerceteze problema privind natura gravitației. În 1666, prezentînd un referat la o ședință a Societății despre încercările sale nereușite de a stabili raportul dintre greutatea corpurilor și înălțimea de la suprafața Pămîntului la care se află, Hooke a emis ipoteza că forța gravitației se aseamănă cu forța magnetică sau electrică. El a dedus de aici că greutatea corpurilor trebuie să scadă în raport cu distanța lor de centrul Pămîntului. Într-un alt referat prezentat la Societate cu două luni

mai tîrziu, Hooke revine iarăși la problema forței de gravitație în legătură cu mișcările planetelor. Caracterul curbiliniu al orbitelor planetare trebuie să fie provocat în mod necesar de o anumită forță cu acțiune permanentă. Tendința planetelor către centru poate fi explicată prin densitatea mai mică a eterului din jurul Soarelui, decît la o depărtare de el, sau prin faptul că centrul posedă o anumită putere de atracție. Această presupunere trebuie să explice mișcarea planetelor pe baza principiilor de mecanică obișnuite și va permite poate, credea Hooke, să se calculeze, în baza cîtorva observații, toată mișcarea planetei cu cea mai mare precizie. Hooke nu era matematician și expresia „cea mai mare precizie" era doar o dorință frumoasă, dar irealizabilă. Vrînd-nevrînd, el a recurs la experiență, fie încercînd să descopere legea gravitației observînd modificarea greutății corpurilor în raport cu altitudinea, fie ilustrînd mișcarea eliptică a planetelor prin mișcarea pendulului conic.

Peste opt ani, în 1674, Hooke a publicat un amplu memoriu, intitulat *Incercarea de a demonstra mișcarea anuală pe bază de observații*. La sfîrșitul acestui memoriu, el se apropie și mai mult de adevăr: „Voi expune — scrie Hooke — sistemul universului, care se deosebește prin multe particularități de toate sistemele cunoscute pînă azi, dar care concordă în toate privințele cu legile obișnuite ale mecanicii. El este legat de trei presupuneri. În primul rînd, toate corpurile cerești exercită o atracție spre centrele lor, atrăgînd nu numai părțile lor, cum am observat-o pe Pămînt, ci și alte corpuri cerești care se află în sfera acțiunii lor. În felul acesta, nu numai Soarele și Luna exercită o influență asupra formei și mișcării Pămîntului iar Pămîntul asupra Lunii și Soarelui, ci și Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn influențează asupra mișcării Pămîntului; la rîndul său, atracția Pămîntului acționează asupra mișcării fiecărei planete. A doua presupunere este că orice corp care a căpătat o dată o mișcare rectilinie simplă, continuă să se miște în linie dreaptă pînă în momentul cînd va devia în mișcarea sa sub acțiunea unei alte forțe și va fi nevoit să descrie un cerc, o

elipsă sau vreo altă linie complicată. A treia presupunere este că forțele de atracție acționează cu atît mai puternic, cu cît corpul asupra căruia acționează ele este mai aproape de centrul de atracție. În ceea ce privește gradul acestei forțe, n-am putut încă să-l determin prin experiență; dar în orice caz, imediat ce acest grad va fi cunoscut, el va ușura considerabil astronomilor sarcina găsirii legii mișcărilor cerești; fără el acest lucru este imposibil... Aș vrea să atrag atenția asupra acestui lucru acelora care au timp și suficientă perspicacitate pentru a continua cercetările și destulă sîrguință pentru executarea tuturor observațiilor și calculelor".

În 1679, după moartea lui Oldenburg, Hooke a devenit secretarul Societății regale și în această calitate s-a adresat lui Newton cu rugămintea de a trimite material pentru revista Societății. Hooke îi scria că încercările unor oameni de a strica raporturile între ei îi sînt cunoscute, dar el speră că divergența de opinii nu poate constitui un motiv de dușmănie.

„În ceea ce mă privește — scria Hooke — aș considera ca o mare onoare, dacă mi-ați comunica în scris obiecțiile dv. împotriva oricărei din ipotezele sau părerile mele, în special, dacă mi-ați face cunoscute ideile dv. asupra mișcărilor cerești ale planetelor, compuse din mișcarea rectilinie pe tangentă și mișcarea de atracție către corpul central". Din aceste rînduri ale lui Hooke reiese motivul nemijlocit al trecerii hotărîte a lui Newton la studierea problemelor mecanicii și gravitației. În aceeași scrisoare Hooke îl informează despre noile măsurători geodezice din Franța, efectuate de Picard, de la Guire, Cassini și Roemer. Pe baza acestor măsurători se putea conta pe obținerea unor valori mai exacte ale diametrului Pămîntului, iar pornind de aici și ale distanței pînă la Lună, ceea ce avea o mare importanță pentru Newton.

Acesta a răspuns foarte repede la scrisoarea lui Hooke, exprimîndu-și regretul că îi lipsește material științific nou, căci ultimele șase luni le-a petrecut la țară. El i-a reamintit că, în urmă cu cîțiva ani, a fost nevoit să treacă de la preocupările „filozofice" la altele și de

aceea revenea la „filozofie" numai din cînd în cînd, pentru variație. Din această cauză el n-a auzit despre ipotezele astronomice și altele ale lui Hooke. Newton se plînge că la Cambridge lipsesc oameni capabili să facă observații astronomice: el însuși este miop și, în afară de aceasta, din cauza sănătății sale nu este în stare să efectueze astfel de lucrări, dar, de altfel, este dispus ca iarna, în cazul în care va avea timp disponibil, să se ocupe cu măsurarea diferenței de latitudini între Cambridge și Londra. Apoi, el a propus o nouă metodă de determinare a rotației zilnice a Pămîntului, care a constat în faptul că un corp aruncat în jos din vîrful unui turn nu va cădea la picioarele turnului, ci, din cauza rotației Pămîntului, va devia puțin spre răsărit. Un astfel de fenomen trebuie într-adevăr să existe în principiu, întrucît un corp aruncat de pe o mare înălțime în jos, pe Pămîntul care se-nvîrtește, are, în momentul inițial, o componentă orizontală a mișcării mai mare decît la suprafața Pămîntului. Dacă corpul Pămîntului n-ar fi prezentat un obstacol pentru piatra în cădere, atunci piatra apropiindu-se de centrul Pămîntului ar fi trebuit, după Newton, să se miște în spirală. El a anexat la scrisoare un desen explicativ.

Membrii Societății regale au luat măsuri pentru verificarea fenomenului indicat de Newton, deși, după cît se pare, nimeni dintre ei n-a înțeles exact ceea ce vroia să spună acesta. În cele din urmă, în ianuarie 1680, Hooke i-a comunicat că experiența, care confirmă așteptările sale, i-a reușit. În realitate însă confirmarea fusese accidentală și greșită, deoarece efectul a fost prea mic pentru a putea fi observat cu acele mijloace rudimentare pe care le avea la dispoziție Societatea pe vremea aceea.

Referind asupra scrisorii lui Newton în ședința Societății, Hooke nu s-a putut abține de la critică, afirmînd că un corp greu nu va cădea în spirală, ci va descrie „o elipsă excentrică" și că va cădea nu spre est, ci în direcția sud-est, chiar mai mult spre sud decît spre est. Hooke a avut dreptate în sensul că piatra n-ar fi căzut în spirală, și — pe latitudinea londoneză — nu spre est, ci spre sud-est. Ce a înțeles însă, Hooke

sub „elipsă excentrică", a rămas un secret. Recent a fost găsit răspunsul lui Newton la aceste obiecții ale lui Hooke, scris într-o formă corectă, dar foarte rece. El s-a declarat de acord că un corp greu cade spre sud-est și că, dacă am admite că gravitatea este uniformă, va cădea nu în spirală, ci într-un mod mai complicat.

În scrisoarea următoare către Newton, din 6 ianuarie 1680, Hooke scrie că presupunerea lui constă în faptul că atracția este invers proporțională pătratului distanței între centre. Dacă am sintetiza toate presupunerile și ideile lui Hooke cu privire la mișcarea planetelor și la atracție, formulate în decurs de aproape 20 de ani, vom întîlni aproape toate concluziile principale ale *Principiilor* lui Newton, exprimate însă într-o formă nehotărîtă și puțin convingătoare. Fără a rezolva problema, Hooke a găsit răspunsul la ea. Cu toate acestea, avem de-a face aici nu cu o idee lansată la întîmplare, ci, fără îndoială, cu rezultatul unei munci îndelungate. Hooke avea intuiția genială a fizicianului experimentator, care sesizează în labirintul faptelor relațiile și legile reale ale naturii. Aceeași intuiție rară de experimentator o mai întîlnim în istoria științei la Faraday, dar nici Hooke, nici Faraday n-au fost matematicieni. Opera lor a fost desăvîrșită de Newton și de Maxwell. Lupta sterilă cu Newton pentru prioritate a aruncat o umbră asupra numelui glorios al lui Hooke, dar acum, după aproape trei secole, e timpul ca istoria să restituie fiecăruia ceea ce i se cuvine. Hooke n-a putut merge pe calea dreaptă, ireproșabilă, a *Principiilor matematice* ale lui Newton, dar pe cărările sale ocolite, ale căror urme nu le mai putem găsi, el a ajuns tot acolo.

Necesitatea de a explica mișcările planetare devenea în fiecare an mai stăruitoare, însă Newton continua să tacă, ignorînd „filozofia" și dedicîndu-se activității didactice, chimiei și fermei de la Woolsthorpe.

În 1685 Newton și-a luat ca secretar pe un omonim și concetățean al său — Humphrey Newton, recomandat de directorul școlii de la Grantham. Humphrey a locuit la el pînă în 1689 și a comunicat ulterior lui Condwitt diferite date cu privire la viața lui Newton din acea

vreme. „În acei ani el își scria *Principia* — povestește Humphrey. În urma dispoziției sale, eu am copiat această splendidă operă, înainte de a o da la tipar. După ce a fost tipărită, sir Isaac m-a trimis să distribui mai multe exemplare drept daruri persoanelor din conducerea colegiului și cunoștințelor sale; unii dintre ei (în special doctorul Babington de la Trinity) au spus că ar trebui să studieze șapte ani pînă vor înțelege ceva din această carte.

Sir Isaac era pe vremea aceea foarte amabil, liniștit și foarte modest și, pare-se, nu se irita niciodată; cu excepția unui singur caz, eu nu l-am văzut niciodată rîzînd... Mereu era ocupat, se ducea rareori la cîte-cineva sau primea musafiri, cu excepția a doi-trei prieteni — dr. Ellis, mr. Lotton și chimistul mr. Vigani. El nu-și permitea nici o odihnă sau un răgaz în muncă, nu călătorea, nu făcea plimbări, nu juca popice, nu făcea sport, orice oră care nu era consacrată lucrărilor el o considera pierdută. Își părăsea rar odaia, exceptînd cazurile cînd trebuia să-și țină cursul, în calitate de profesor la catedra Lucas. Cursurile sale erau frecventate de puțină lume, dar și mai puțini erau acei care le înțelegeau. Adeseori i se întîmpla să-și țină cursul în sala goală. Pe oamenii străini îi primea cu simplitate și respect; dacă era invitat de cineva la masă, ceea ce se întîmpla foarte rar, se revanșa apoi cu plăcere. Era atît de absorbit de lucrările lui, încît uneori uita să mănînce. Adesea, intrînd în camera lui, găseam pe masă dejunul neatins, și numai după ce îi atrăgeam atenția înghițea cîte ceva în picioare. Niciodată nu l-am văzut să se fi așezat la masă singur, fără a i se aduce aminte. În acele cazuri rare cînd primea musafiri, aceștia erau în special conducători ai colegiului. Newton se culca rar înainte de orele 2—3 noaptea, iar uneori adormea abia către orele 5—6 dimineața. Dormea 4—5 ore, îndeosebi toamna și primăvara, cînd în laboratorul său de chimie focul nu se stingea nici ziua, nici noaptea. N-am putut afla ce căuta el, efectuînd aceste experiențe de chimie, pe care le executa cu foarte mare precizie și grijă; judecînd după seriozitatea lui și munca neîntreruptă, cred că el căuta să depășească

limita puterii și iscusinței omenești[1]. Pe vremea aceea Newton n-avea nici elevi, nici colegi de cameră, care să-l ajute în munca lui. O singură dată a căzut bolnav și a stat în pat cîteva zile; suferințele le suporta cu multă răbdare, fiind cu totul nepăsător față de viață și moarte.

În laboratorul lui sir Isaac se aflau multe aparate de chimie, dar el folosea de preferință creuzete în care topea metalele. Uneori consulta o carte veche, ferfeniță, ce se afla în laboratorul lui și se numea: *Agricola*: *De Metallis*. Scopul principal era transformarea metalelor, iar ingredientul principal — arsenicul... Uneori, în timpul plimbărilor în grădină, Newton se oprea brusc, urca în fugă scara spre camera lui și ca și Arhimede, începea să scrie la biroul său, uitînd să se așeze...

Cînd nu găsea nici un elev la curs, Newton se înapoia acasă după un sfert de oră. El se plimba îndelung prin cameră, ca un elev al peripateticienilor. Ziua nu dormea niciodată. Cred că-l supăra mult nevoia de a pierde timp pentru mîncare și somn. Deși avea o bibliotecă mare, consulta rareori cărțile".

Precum s-a spus, *Principiile* au fost create în anii cînd Humphrey era în serviciul lui Newton. Această muncă îndîrjită, pe care nimeni în lume n-o bănuia, ar mai fi continuat poate mult timp, dacă nu ar fi intervenit o întîmplare fericită. După cum povestește Halley, el a reușit, în 1683, să deducă din legea a treia a lui Kepler proporționalitatea inversă a greutății cu pătratul distanței, dar n-a putut să explice și să deducă de aici mișcarea eliptică a aștrilor. Arhitectul Wren a formulat o concepție asemănătoare cu a lui Hooke, presupunînd că mișcarea planetelor se compune din două mișcări: din mișcarea rectilinie uniformă a planetei și căderea ei pe Soare. În cursul unei întîlniri a lui Wren cu Hooke și Halley, într-o cafenea londoneză, Wren a propus chiar un mic premiu aceluia care va demonstra că mișcarea eliptică ia naștere sub acțiu-

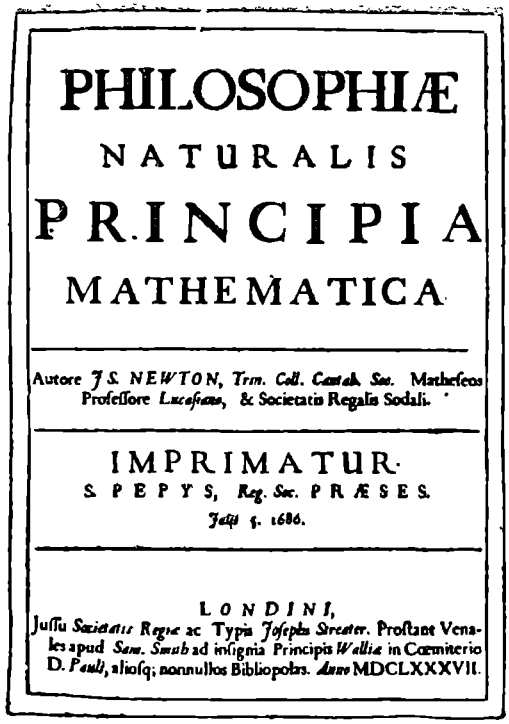
[1] Humphery credea că Newton se ocupa cu magia și alchimia.

nea forței care descrește în proporție inversă cu pătratul distanței. Toți trei au fost, se pare, absolut convinși că răspunsul la această problemă nu poate fi altul. Dificultatea rezida numai în matematică. Nimeni nu putea să rezolve problema, să demonstreze teorema. Nu rămînea decît o singură soluție: să se adreseze atotștiutorului Newton.

În august 1684 Halley venise la Cambridge și l-a vizitat pe Newton. În timpul discuției asupra problemei care-l frămînta pe Halley, Newton, i-a spus că demonstrația pe care o căuta împreună cu Wren, el a terminat-o și i-a promis lui Halley să-i trimită manuscrisul. În noiembrie manuscrisul a ajuns în mîinile acestuia. Halley și-a dat seama, probabil de îndată, de imensa însemnătate a noii lucrări a lui Newton și s-a dus imediat din nou la Cambridge pentru a solicita publicarea manuscrisului. La 10 decembrie 1684 Halley a comunicat Societății regale că Newton va depune în curînd un memoriu foarte important — *Despre mișcare*. Manuscrisul a sosit, într-adevăr, în februarie 1685. Conform dorinței savantului, lucrarea n-a fost publicată în revista Societății, ci doar înregistrată pentru asigurarea dreptului de prioritate. Manuscrisul primei cărți a *Principiilor* s-a primit abia peste un an. În cursul acestui an Newton a stat un timp destul de îndelungat la Woolsthorpe. El nu se grăbea, parcă intenționat, să comunice rezultatele cercetărilor sale. Între timp, la Societatea regală, manuscrisul era așteptat cu nerăbdare. La 28 aprilie 1686, doctorul Vincent a depus — după cum se menționează în procesele-verbale ale Societății, —manuscrisul lui Newton, intitulat *Principia mathematica philosophiae naturalis* (Principiile matematice ale filozofiei naturale), în care se dă o demonstrație matematică a ipotezei lui Copernic, așa cum a fost propusă de Kepler și toate mișcările cerești sînt explicate exclusiv pe baza presupunerii privind gravitația către centrul Soarelui, invers proporțională cu pătratul distanței. În ședința Societății din 19 mai s-a hotărît tipărirea operei pe socoteala acesteia. Halley a fost însărcinat cu îngrijirea ediției. Tipărirea se amîna însă din lipsă de fonduri.

La urma urmei, Halley a fost nevoit să publice *Principiile* pe contul său.

Pretențiile lui Hooke au reținut și ele mult timp publicarea lucrării. Aceste pretenții erau întemeiate. În prima variantă a manuscrisului, Newton nici n-a pomenit numele lui Hooke. În scrisoarea către Newton din 22 mai 1686, Halley îi comunică că Hooke pretinde a fi descoperit el legea descreșterii pătratice a forței de gravitație. „El afirmă—scrie Halley — că dv. ați împrumutat de la el această noțiune, deși este de acord că demonstrarea curbei ce se formează în urma acestui fapt vă aparține exclusiv dv... Hooke speră, probabil, că în prefața cu care veți începe opera dv., veți cita numele lui". Newton s-a supărat foarte mult și în lungul său răspuns către Halley a negat lui Hooke orice merit, acuzîndu-l că și-a împrumutat afirmațiile de la Borelli și, poate, chiar din scrisorile sale (ale lui Newton) către Huyghens. Aceste scrisori treceau pe la Oldenburg și Hooke avea posibilitatea să le vadă. „Din spusele proprii ale lui Hooke rezultă că el nu cunoștea calea de rezolvare a problemei. Matematicienii, care descoperă și determină totul, trebuie să se mulțumească cu faptul că ei nu sînt decît niște calculatori arizi și lucrători slabi, pe cînd un altul, care n-a făcut nimic, dar care are pretenții la toate și acaparează totul, își va însuși toate descoperirile". După cum am spus la începutul acestui capitol, Newton arată că legea descreșterii pătratice a gravitației


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA

Autore *J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Justu *Societatis Regiæ* ac Typis *Josephi Streater*. Prostant Venales apud *Sam. Smith* ad insignia Principis *Walliæ* in Cœmiterio D. *Pauli*, aliosq; nonnullos Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

Pagina de titlu din prima ediție a Principiilor.

îi era cunoscută cel puțin cu 20 de ani în urmă. Halley încercase să potolească indignarea lui Newton și scrisoarea următoare are un ton mult mai conciliant. El recunoaște că scrisoarea primită de la Hooke, în 1679, a constituit impulsul pentru lucrările sale privind determinarea mișcărilor planetare, însă a abandonat aceste lucrări, verificînd metoda descoperită numai în cazul elipsei, și a trecut la alte cercetări. Lucrările au fost reluate abia după vizita lui Halley din 1684. Newton a acceptat să se refere la Hooke într-o „scolie"[1] a *Principiilor*, menționîndu-i numele alături de Wren și Halley. Cu aceasta controversa s-a încheiat. Newton n-a avut, probabil, dreptate: dorința modestă a lui Hooke era foarte întemeiată. Nimeni altul decît Newton n-ar fi putut scrie în secolul al XVII-lea *Principiile* dar este incontestabil că programul, planul *Principiilor*, a fost pentru prima oară schițat de Hooke.

În timpul disputei cu Hooke, Newton era atît de indispus, încît a vrut chiar să renunțe la tipărirea cărții a treia a *Principiilor*, care conținea aplicarea concluziilor fizico-matematice la mișcările cerești și a reținut această parte și titlul lung al cărții numai în vederea răspîndirii ei mai largi, pentru a acoperi cheltuielile lui Halley cu publicarea ei.

Cartea a apărut la mijlocul anului 1687 și s-a epuizat repede. În 1691 ea dispăruse deja din librării.

[1] Comentarii pentru înțelegerea textului. — *N. R.*

FIZICA PRINCIPIILOR ȘI FIZICA IPOTEZELOR. *PRINCIPIILE* LUI NEWTON

În istoria științelor naturii n-a existat un eveniment mai important ca apariția *Principiilor* lui Newton. Aceasta se explică prin faptul că opera a făcut bilanțul realizărilor obținute, în decursul mileniilor precedente, în domeniul teoriei formelor celor mai simple ale mișcării materiei. Peripețiile complicate ale dezvoltării mecanicii, fizicii și astronomiei, întruchipate de numele lui Aristotel, Ptolemeu, Copernic, Galileu, Descartes, au fost absorbite și înlocuite prin claritatea genială și structura armonioasă a *Principiilor*.

Teoria lui Newton despre spațiu, timp, mase și forțe oferea o schemă generală pentru rezolvarea tuturor problemelor concrete ale mecanicii, fizicii și astronomici. Exemplul măreț al sistemului universului analizat de Newton, încununat de descoperirea gravitației universale, a antrenat știința pe acest nou făgaș, spre aplicarea schemei newtoniene în toate domeniile fizicii. După chipul și asemănarea *Principiilor* s-a născut „fizica clasică", și ea și-a continuat dezvoltarea victorioasă în decursul veacurilor pînă în zilele noastre. Astfel a fost creată teoria clasică a sunetului, a căldurii, a stărilor substanței, nenumăratele științe aplicate, care au constituit baza puternicii tehnici moderne. *Principiile* au început să pară multora drept ultimul

cuvînt principial, pe baza căruia trebuie și poate fi ridicat întreg edificiul științei.

În secolul al XIX-lea schema newtoniană se completează cu teoria electricității și a magnetismului a lui Faraday și Maxwell, care nu contrazic această schemă, ci o concretizează. Fizica clasică de la sfîrșitul secolului al XIX-lea și de la începutul secolului nostru caută să introducă pretutindeni schema maselor elementare (atomi, electroni), care acționează unele asupra altora prin forțele de gravitație și forțele electromagnetice. Astfel, în completarea mecanicii clasice, acusticii și căldurii, se creează optica electromagnetică clasică, și către sfîrșitul secolului al XIX-lea programul schițat în *Principii* pare să fie aproape încheiat.

Primii ani ai secolului al XX-lea au distrus însă această iluzie multiseculară a infailibilității *Principiilor*. Fenomenele în legătură cu propagarea luminii și acțiunile ei, cu mișcarea particulelor cu viteză mare, care se apropie de viteza luminii și, în fine, procesele dinăuntrul atomilor au demonstrat în mod evident insuficiența și caracterul limitat al postulatelor puse la baza *Principiilor*. Părea că trebuie modificate înseși bazele indestructibile ale newtonismului — teoria spațiului, a timpului și a maselor, — se schimbase noțiunea privind acțiunile reciproce ale maselor, apăruse teoria relativității și mecanica cuantică ondulatorie, urmașe ale *Principiilor*.

Aceasta nu înseamnă că *Principiile* și-au pierdut însemnătatea. Pentru un mare număr de fenomene, îndeosebi de natură practică, principiile clasice ale lui Newton își păstrează în întregime și își vor păstra întotdeauna însemnătatea. Mecanica lui Newton nu contrazice mecanica teoriei relativității și mecanica cuantică — ea este doar un caz particular al acestora. În acest sens opera lui Newton este eternă și nu-și va pierde niciodată marea ei importanță.

Titlul lucrării lui Newton a fost, într-un anumit sens, o provocare aruncată cartezienilor. Concepțiile lui Descartes au fost expuse în forma lor definitivă, în celebra operă *Principiile filozofiei*, apărută în 1644.

Păstrînd cărții sale titlul lucrării lui Descartes, Newton îi limitează radical sarcina: *Principiile matematice ale filozofiei naturale*. Definiția fizicii ca o filozofie a naturii s-a menținut pînă astăzi în Anglia și este, poate, definiția cea mai izbutită și mai precisă a acestei științe. Vorbind de „filozofie", trebuie să luăm în considerație, în acest caz, caracteristica ei exterioară principală: generalitatea extraordinară a concluziilor ei. Epitetul „naturală" limitează domeniul fizicii, definit de experiență și obvservație. Idealul fizicii al „filozofiei naturale" newtoniene, este exprimat clar în următoarele cuvinte ale ultimei „chestiuni" din *Optică*: „A deduce din fenomene două sau trei principii generale ale mișcării și a expune apoi cum decurg din aceste principii clare însușirile și acțiunile tuturor obiectelor substanței, iată ce ar fi constituit un mare pas înainte în filozofie, chiar dacă cauzele acestor principii n-ar fi fost încă descoperite". Dorința lui Newton este de a construi fizica după chipul și asemănarea geometriei. Din axiomele-principii precis formulate, care nu pot fi demonstrate, trebuie să decurgă în mod logic, pe cale matematică, teoremele și lemele. Principiile, axiomele fizicii pot fi demonstrate numai prin experiență; logic ele pot fi și nedemonstrate. Principiile sînt *fapte experimentale generalizate*.

Este adevărat că în această generalizare, prin esența ei arbitrară, se află elementul ipotetic al „principiilor" înseși.

Celebra metodă inductivă a lui Bacon nu este altceva decît generalizarea faptelor, adică obținerea principiilor. Această metodă constituie partea analitică a fizicii principiilor. Sarcina ei principală constă în a obține, pe cale deductivă sintetică, corolare logice din principii. Aceste corolare trebuie să fie în mod necesar confirmate de experiență, altfel sînt false principiile înseși.

Spre deosebire de fizica principiilor, fizica „ipotetică" este clădită pe presupuneri arbitrare, care nu sînt demonstrate de experiența *nemijlocită*, sau nu pot fi în genere demonstrate. Astfel era concepția ondulatorie asupra luminii la Hooke și Huyghens. Undele de lumină nu pot fi descoperite prin experiența nemij-

locită, existența lor se presupune prin analogie cu sunetul sau valurile apei; pe baza acestui fapt se pot explica o serie de fenomene. Fizica moleculară, teoria moleculară a căldurii au rămas în aceeași stare pînă la sfîrșitul secolului al XIX-lea. Structura fizicii ipotetice poate fi tot atît de ireproșabilă sub raportul fizico-matematic, ca și fizica principiilor (de exemplu teoria cinetică a gazelor), însă nu există nici o garanție că într-o bună zi ipoteza inițială nu va fi infirmată de experiența directă și toată construcția se va nărui (ajunge să ne amintim de „termogen", de lichidul electric și magnetic, de oscilațiile luminoase elastice etc.). Dimpotrivă, fizica principiilor rămîne neclintită: principiile se pot generaliza, se pot modifica întrucîtva, se pot completa, dar nu se pot nărui cu desăvîrșire, întrucît sînt expresia experienței nemijlocite. Astfel, în zilele noastre se completează și se generalizează principiile termodinamicii, ale electrodinamicii și chiar ale mecanicii, însă corpul principal al construcției rămîne aproape neatins.

Teoriei fizice i se cere însă pe lîngă trăinicie, și fecunditate. Scopul științei este, în ultima analiză, de a oferi concluzii mereu noi, de însemnătate teoretică și practică. Acest scop poate fi atins, deopotrivă, atît de fizica principiilor, cît și de fizica ipotezelor. Adeseori acesteia din urmă îi sînt accesibile lucruri inaccesibile celei dintîi. Termodinamica nu este în măsură să înlocuiască total teoria cinetică a gazelor, electrodinamica clasică — teoria electronilor etc.

Încă nu există o fizică unică, atotcuprinzătoare, care să decurgă din cîteva principii sau ipoteze; întrucît însă acest scop n-a fost atins, pentru un cercetător amîndouă metodele au aceeași valoare. Superioritatea uneia sau celeilalte e o problemă de oportunitate, uneori de preferință individuală. Preferințele lui Newton derivă clar din cele ce știm despre el.

Cele două trăsături ale caracterului lui Newton — extrema rezervă și încetineală cu care comunică rezultatele științifice obținute, precum și aversiunea, și chiar disprețul, pentru construcții ipotetice — sînt o consecință a extremei exigențe față de sine și de crea-

ția sa. Newton a demonstrat de multe ori în fața lumii științifice, bineînțeles intenționat, priceperea sa de a construi ipoteze, însă aceste construcții ipotetice nu au fost duse niciodată pînă la capătul lor cantitativ, pînă la ultimele consecințe practice și logice. Newton a formulat și a dezvoltat uneori, aproape în batjocură, ipoteze contrarii care se excludeau reciproc (eterul în *chestiunile* din *Optica*).

În ediția a doua a *Principiilor*, în *Scolie generală*, atitudinea sa față de ipoteze este exprimată deosebit de categoric. „Eu nu imaginez ipoteze *(hypotheses non fingo)*, scrie septuagenarul Newton în 1713. Căci orice nu se deduce din fenomene trebuie numit ipoteză; și ipotezele, fie metafizice sau fizice, date calităților oculte sau mecanice, în *filozofia experimentală*, nu au loc"*.

O declarație analogă se află, după cum am văzut, și în *Optica*. Newton a încercat în *Optica* să nu inventeze ipoteze și să caute principii; dar aceste principii-fenomene s-au dovedit a fi atît de multe, încît construcția matematică armonioasă a opticii sintetice nu se putea realiza. Raza luminoasă cu „polurile", cu „accesele", cu varietatea infinită caracterizată de culorile ei, cu însușirile ei specifice de atracție și repulsie, avea nevoie, pare-se, de o ipoteză, ceea ce a confirmat și istoria. În mîinile lui Young și Fresnel toate însușirile variate ale razei luminoase au fost excelent reunite în noțiunea ipotetică a undei de lumină. *Optica* a fost piatra de încercare în construcția „fizicii principiilor", prima ei parte analitică — căutarea principiilor înseși. În *Principii*, în domeniul mecanicii au fost rezolvate ambele probleme — cea analitică și cea sintetică.

Nu avem posibilitatea să dăm în această carte o expunere sistematică a conținutului *Principiilor*; ne vom limita deci la o caracterizare generală.

Scopul direct al *Principiilor* constă în demonstrarea legii gravitației universale, ca o consecință inevitabilă a aplicării principiilor de mecanică la mișcările

* I. Newton *Principii matematice ale filozofiei naturale*, Ed. Acad. R.P.R., 1956, p. 418.

corpurilor cerești. Această inevitabilitate este pregătită cu o măiestrie uimitoare. Planul cărții este următorul: întîi se dau definițiile principalelor noțiuni de fizică — masă, cantitatea de mișcare, forță etc., apoi urmează axiomele sau legile mișcării. Cartea întîi conține rezolvarea unei serii de probleme de dinamică, cu privire la mișcarea punctelor materiale și a corpurilor solide. Se rezolvă problemele principale în legătură cu legea forței centrale pentru o orbită dată și se fac încercări de rezolvare și a problemei inverse. Paralel cu legea pătratelor inverse, în aceste probleme figurează și alte legi. Scopul cărții a doua constă în a da o lovitură nimicitoare teoriei *vîrtejurilor* a lui Descartes, iar tema principală o constituie problemele de hidrodinamică și hidrostatică, legile mișcării corpurilor într-un mediu rezistent, mișcarea ondulatorie, cazurile cele mai simple ale mișcării *vîrtejurilor*.

Un timp, temîndu-se de dispute obositoare, Newton voia să încheie cu aceasta prima ediție a cărții, respectînd regula — *sapienti sat* (înțeleptului îi ajunge). În forma aceasta, cartea cuprindea cheia rezolvării problemei astronomice și o aspră critică a concepției dominante a lui Descartes, însă pentru majoritatea contemporanilor lui Newton ea ar fi rămas complet misterioasă. Misterele au fost rezolvate în cartea a treia — *Despre sistemul universului*. Dar și aici Newton rămîne foarte prudent, prefațînd concluziile cu *Reguli de filozofie (Regulae philosophandi)*.

În prima ediție a *Principiilor* sînt date următoarele trei reguli:

„Regula 1. Nu trebuie să admitem mai multe cauze pentru lucrurile naturale, decît atîtea cîte sînt și adevărate și suficiente pentru explicarea aparențelor lor".

Căci filozofii zic: natura nu lucrează în zadar, și mai mult este zadarnic cînd mai puțin este de ajuns. Căci natura este simplă și nu face lux cu cauze superflue ale lucrurilor.

„Regula 2. Și de aceea, efectelor naturale de același fel trebuie să le atribuim, atît cît se poate, aceleași cauze".

„Regula 3. Calitățile corpurilor care nu pot fi nici intensificate și nici slăbite, și care aparțin tuturor corpurilor cu care se pot face experiențe, trebuie considerate drept calități ale tuturor corpurilor" *.

În ediția a treia a *Principiilor* s-a mai adăugat:

„Regula 4. În filozofia experimentală, propozițiile deduse prin inducțiune din fenomene, trebuie considerate sau precis sau aproximativ adevărate, chiar dacă le stau împotrivă ipoteze contrare, pînă ce se vor ivi alte fenomene prin care devin sau mai precise sau supuse excepțiilor.

Aceasta trebuie să aibă loc pentru ca nu cumva argumentul inducției să fie nimicit prin ipoteze" **.

Avem de-a face din nou cu un program al fizicii principiilor și cu o renunțare la ipoteze. „Adevăratele cauze" din regula 1 sînt principiile. Scopul „regulilor" este clar — de a arăta calea care duce inevitabil la legea gravitației universale.

Analizînd fenomenele principale ale mișcării planetelor, care frînează acțiunile aștrilor vecini, analizînd așa-numitele neregularități în mișcarea Lunii, fenomenele mareelor și mișcarea cometelor, Newton găsește pretutindeni confirmarea legii sale generale. El subliniază stăruitor și în repetate rînduri caracterul matematic, formal, al cărții sale, ocolind problema cauzei gravitației: „Este de ajuns — scrie el la sfîrșitul cărții—ca gravitația să existe în realitate și să acționeze după legile expuse de noi, și suficient pentru toate mișcările corpurilor cerești și ale mării noastre"* ***. Într-un alt loc al *Principiilor* (Secțiunea XI, *Învățăminte*) Newton se exprimă și mai precis: „Cuvîntul de atracție îl folosesc aici în general pentru o tendință oarecare a corpurilor de a se apropia unul de celălalt: fie că această tendință are loc sub acțiunea corpurilor, sau tinzînd unul spre altul, sau prin spirite emise agitîndu-se reciproc, fie că se naște din acțiunea eterului sau a aerului sau a unui mediu oarecare corporal sau

* *Op. cit* p. 314.
** *Op. cit.* p. 315.
*** *Op. cit.* p. 419.

necorporal, împingînd corpurile ce înoată în el într-un mod oarecare unul spre altul. În același sens general folosesc cuvîntul de impuls, definind în acest tratat nu speciile forțelor și calitățile fizice, ci cantități și proporții matematice după cum am explicat în definiții"*.

Problema ce se punea lui Newton cerea noi metode matematice; el nu se putea lipsi de metodele clasice ale geometriei lui Euclid. Noi știm că aceste metode noi ale lui Newton au fost găsite. Nu există nici o îndoială că, în timp ce scria *Principiile*, Newton stăpînea cu desăvîrșire metodele calculului fluxiunilor și metoda cuadraturilor (calculul diferențial și integral după terminologia lui Leibniz și Bernoulli). În secțiunea a doua din cartea a doua a *Principiilor*, Newton se folosește de aceste metode și formulează cîteva teoreme importante. Tot aici se găsește și celebra *Scolie* care conține declarația lui Newton despre prioritatea descoperirii metodei fluxiunilor, care a servit mai tîrziu ca punct de reazem principal în disputa cu Leibniz, despre care vom vorbi mai jos.

Totuși metoda fluxiunilor este realizată în *Principii* într-o măsură foarte mică. În locul ei, la începutul primei cărți, se expune un surogat geometric al calculului fluxional: *Despre metoda primelor și ultimelor rapoarte, cu ajutorul căreia se demonstrează cele ce urmează***. Această metodă este metoda geometrică a limitelor și este expusă de Newton în mod sistematic în *Principii*. Demonstrațiile sînt uneori extrem de greoaie și sînt greu asimilate de cititorul de azi, care s-a dezobișnuit într-o măsură însemnată de geometrie. Biograful său, matematicianul de Morgan, observă că *Principiile* oferă multe mărturii ale extraordinarei pasiuni a lui Newton pentru geometria antică, de aceea, într-un anumit sens, ele sînt depășite pentru noi. Dacă Newton ar fi urmat calea propriei sale descoperiri și ar fi scris *Principiile* cu ajutorul metodei fluxiunilor, tinerii studenți educați pe baza analizei moderne, ar fi

* *Op. cit.* p. 167.
** *Op. cit.* p. 49.

citit cu interes cartea și astăzi; în realitate însă ei citesc numai unul sau două capitole din *Principii*. Este greu de spus cu precizie de ce n-a procedat Newton după rețeta lui de Morgan. Probabil, tocmai din aceleași considerente pe care de Morgan le aduce în favoarea metodei fluxiunilor; publicîndu-și în cele din urmă rezultatele, Newton tindea firește ca opera lui să fie înțeleasă și citită. Am văzut, de exemplu, în ce măsură a fost simplificată *Optica*, tot în vederea aceluiași scop. Scrise cu ajutorul metodei fluxiunilor și cuadraturilor, *Principiile* ar fi rămas, pentru majoritatea savanților contemporani cu Newton, o carte încuiată cu șapte lacăte. Însă *Principiile* geometrice, deși greu, totuși erau asimilate, cel puțin într-o anumită măsură.

Newton s-a gîndit fără îndoială mult asupra celei mai comode forme de expunere a *Principiilor*. Despre aceasta putem judeca după cartea întîi în care el consideră metoda infiniților mici ca fiind mai dificilă (*durior*), precum și după introducerea la cartea a treia: „Am compus cartea a treia în mod popular ca să fie citită de mai mulți. Dar cei care nu înțeleg îndeajuns de bine principiile expuse înțeleg foarte puțin puterea consecințelor și nici nu vor abandona prejudecățile cu care s-au obișnuit de mai mulți ani: și de aceea ca să nu se ajungă la discuții, am dat forma de propoziții esențialului acelei cărți, după maniera matematicii, ca să fie citit numai de acei care au înțeles principiile anterioare"*. Vedem că el a ales calea intermediară: el a renunțat la o largă popularizare, temîndu-se de disputele diletante ale cercurilor largi, dar pentru a fi înțeles de specialiști a urmat „maniera matematică". Nu avem nici un temei să presupunem că Newton n-a știut să expună *Principiile* în mod analitic sau a vrut să ascundă căile aplicării practice a metodei fluxiunilor.

Metodele matematice ale lui Newton au astăzi, în multe privințe, doar un interes istoric. *Principiile* rămîn un model clasic de aplicare a metodei geometrice la rezolvarea problemelor complicate de mecanică, dar

* *Op. cit.* p. 313.

de multe ori, tocmai din cauza metodei, problema nu putea fi rezolvată pînă la capăt sau era rezolvată într-o formă generală incompletă. Obiectul însuși al aplicării metodelor geometrice ale lui Newton — principiile de mecanică, legea gravitației universale care decurge din studiul fenomenelor astronomice — se bucură de cel mai viu interes și în zilele noastre.

Ne vom opri mai detaliat tocmai asupra punctelor de plecare ale *Principiilor*, și anume asupra definițiilor și axiomelor mișcării și a concluziei finale — legea gravitației universale. Noțiunile noastre fundamentale despre masă și forță au fost create de Newton și au devenit atît de familiare savantului și omului cult în genere, încît par înnăscute. Newton a obligat secole întregi să raționeze cu noțiunile sale, a îndrumat știința pe calea ideilor sale, deși erau posibile alte căi. Pentru determinarea masei, a cantității de mișcare și a forței, el definește noțiunile corespunzătoare de timp, spațiu, loc și mișcare.

„Timpul, spațiul, locul și mișcarea sînt perfect cunoscute de toată lumea, — spune Newton. Trebuie totuși notat că lumea de rînd concepe aceste cantități numai prin relația cu lucrurile ce cad sub simțuri. De aici se nasc anumite prejudecăți pentru înlăturarea cărora este bine să deosebim aceste cantități în absolute și relative, adevărate și aparente, matematice și comune.

I. Timpul absolut, adevărat și matematic, în sine și după natura sa, care curge în mod egal fără nici o legătură cu ceva extern și cu un alt nume se cheamă și durată. Timpul relativ, aparent și comun este acea măsură (precisă sau neegală) sensibilă și externă a oricărei durate determinate prin mișcare, care se folosește de obicei în loc de timpul adevărat, ca oră, ziuă, lună, an.

II. Spațiul absolut, considerat în natura sa, fără nici o relație cu ceva extern, rămîne totdeauna asemenea și imobil...

III. Locul este o parte a spațiului pe care o ocupă corpul și este sau absolut sau relativ după cum este spațiul.

IV. Mișcarea absolută este translația unui corp dintr-un loc absolut într-un alt loc absolut, cea relativă din unul relativ în altul relativ... Astfel, în locul locurilor și mișcărilor absolute ne servim de cele relative; aceasta fără vreo stînjenire a treburilor omenești; în cele filozofice însă trebuie să facem abstracție de simțuri. Căci se poate întîmpla ca nici un corp să nu se afle în repaus adevărat față de care să se refere locurile și mișcările"*.

Aceste definiții ale noțiunilor de spațiu și timp absolut ale lui Newton au început de mult să fie privite cu scepticism; critica lor și-a atins culmea în teoria relativității a lui Einstein; ele însă au fost absolut necesare lui Newton pentru construirea mecanicii, pentru formularea legilor ei. Justificarea acestor noțiuni se află în justețea principiilor mecanicii și a corolarelor lor, exprimate cu ajutorul acestor noțiuni.

Newton a fost extrem de prudent față de noțiunea spațiului și timpului absolut, încercînd s-o abordeze pe cea dintîi prin studiul mișcării accelerate (de exemplu al celei circulare), însoțită de apariția forțelor centrifuge. Critica lui Mach și teoria generală a relativității au scos la iveală insuficiența și a acestui argument**. Newton era el însuși înclinat spre relativism: „Așadar cantitățile relative — scrie el — nu sînt cantitățile înseși al căror nume îl poartă, ci sînt acele măsuri sensibile ale lor (adevărate sau greșite) care se folosesc îndeobște în locul cantităților măsurate"... La fel, ating puritatea matematicii și filozofiei aceia care confundă cantitățile adevărate cu relațiile dintre ele și măsurile lor obișnuite"... Într-o măsură însemnată degradează matematica și fizica acei care confundă mărimile cele mai veritabile cu raporturile lor și cu măsurile lor obișnuite"***. Pentru Newton a existat alături de spațiul și timpul matematic, spațiul și timpul fizic, cărora era dispus să le atribuie însușiri dintre cele mai ciudate.

* *Op. cit.* pp. 30—32.

** Compararea criticii lui Mach cu teoria generală a relativității nu este de loc izbutită *(Nota red. sov.)*.

*** *Op. cit.* p. 34.

AXIOMATA SIVE LEGES MOTUS

Lex. I.

Corpus omne perſeverare in ſtatu ſuo quieſcendi vel movendi uniformiter in directum, niſi quatenus a viribus impreſſis cogitur ſtatum illum mutare.

Projectilia perſeverant in motibus ſuis niſi quatenus a reſiſtentia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorſum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt ſeſe a motibus rectilineis, non ceſſat rotari niſi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus ſuos & progreſſivos & circulares in ſpatiis minus reſiſtentibus factos conſervant diutius.

Lex. II.

Mutationem motus proportionalem eſſe vi motrici impreſſæ, & fieri ſecundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, ſive ſimul & ſemel, ſive gradatim & ſucceſſive impreſſa fuerit. Et hic motus quoniam in eandem ſemper plagam cum vi generatrice determinatur, ſi corpus antea movebatur, motui ejus vel conſpiranti additur, vel contrario ſubducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo ſecundum utriuſq; determinationem componitur. Lex. III.

Pagina de titlu din prima ediție a Principiilor, *cuprinzînd axiomele sau legile mișcării.*

„Geometria — scrie Newton în prefață la *Principii* — nu ne învață cum se descriu aceste linii, ci le postulează... Descrierile dreptelor și cercurilor sînt probleme, însă nu de geometrie...Geometria se întemeiază pe practica mecanică și nu este nimic altceva decît acea parte a mecanicii universale care propune și demonstrează arta de a măsura precis"*. Ultima frază, luată izolat, ar putea servi ca epigraf foarte potrivit pentru cărțile contemporane de teoria relativității. Ca fizician, Newton era un relativist; ca filozof, el recunoștea spațiul și timpul absolut. Paralel cu „geometria mecanică", exista pentru el o altă geometrie, imaginară, dar adevărată, adică singura geometrie a lui Euclid.

Pe baza definițiilor, Newton formulează celebrele sale trei axiome ale mișcării[1].

„I. *Orice corp își păstrează starea de repaus sau de mișcare uniformă în linie dreaptă dacă nu este constrîns de forțe imprimate să-și schimbe starea.*

* *Op. cit.* p. 11.

[1] În Fig. de mai sus este reprodusă pagina din prima ediție a *Principiilor*, conținînd legile lui Newton. Sub semnul acestor legi s-a desfășurat întreaga dezvoltare a fizicii, cel puțin pînă în secolul al XX-lea.

II. *Variația mișcării este proporțională cu forța motoare imprimată și este dirijată după linia dreaptă, în lungul căreia este imprimată forța.*

III. *Reacțiunea este totdeauna contrară și egală cu acțiunea: sau acțiunile reciproce a două corpuri sînt totdeauna egale și dirijate în sensuri contrarii*"*.

Prima lege a inerției este exprimată într-o formă vădit relativă. Starea de repaus sau starea de mișcare uniformă rectilinie sînt echivalente, în funcție de starea de mișcare a corpului de pe care se efectuează observația. Pe de altă parte, mișcarea accelerată poate fi, după Newton, întotdeauna constatată în mod absolut, datorită forțelor care iau naștere (de exemplu forței centrifuge), care provoacă acțiuni diferite. El își dădea seama perfect, după cum am văzut, că „ar putea să se întîmple ca în realitate să nu existe un corp în repaus, la care s-ar putea raporta locurile și mișcările celorlalte", și atunci legea inerției nu va fi absolută.

Disputele nesfîrșite în jurul formulării legii inerției în a doua jumătate a secolului trecut au avut ca obiect principal căutarea sterilă a unei formulări absolute a legii; s-a încercat să se raporteze mișcarea la un corp ipotetic — „corpul *a*" — centrul inerției universale, eterul. Este însă clar că legea relativă a inerției este formulată ireproșabil, numai dacă există posibilitatea de a deosebi mișcarea rectilinie uniformă de mișcarea accelerată. În teoria modernă a relativității această posibilitate se exclude și principiul inerției se înlocuiește cu o lege mai generală, care poate fi exprimată aproximativ în felul următor: mișcarea inerțială a corpului se produce pe liniile „geodezice" cele mai scurte, subînțelegîndu-se prin aceasta „linii" de curbură variabilă într-un continuu cuadridimensional de spațiu și timp. Curbura variabilă se explică prin repartiția maselor.

Este interesant, că noțiunea „masei" nu intră într-o formă vizibilă în formularea celor trei principii newtoniene. În legea a doua, forța este determinată prin

* *Op. cit.* p. 37.

variația cantității de mișcare Δ_{mv}, unde Δ este semnul variației, m = masa și v = viteza. În forma matematică această lege poate fi exprimată astfel:

$$\Delta\ (mv) = F\Delta t \qquad (1)$$

unde F este forța, Δt intervalul de timp, în cursul căruia are loc variația dată a cantității de mișcare. Transcriind altfel această ecuație, găsim următoarea definiție a forței:

$$F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} \qquad (2)$$

În această expresie variația cantității de viteză $\Delta(mv)$ poate fi considerată ca o mărime cu totul independentă — impulsul care poate fi măsurat și simțit de noi absolut independent de masă și viteză. Dacă considerăm legea a doua a lui Newton ca o definiție a masei cu ajutorul forței, noțiunea de masă poate să se generalizeze. P.N. Lebedev a demonstrat, prin experiență, că lumina exercită o presiune asupra corpurilor întîlnite, adică, ea poartă cu sine un impuls. Mărimea unei asemenea presiuni, exercitată pe un ecran negru de 1 cm^2, va fi $\frac{\varepsilon}{c}$ unde ε este energia luminii incidente pe secundă, c — este viteza luminii. După a doua lege a lui Newton (1), orice impuls, și bineînțeles, și presiunea luminii, corespunde variației cantității de mișcare $\Delta\ (mv)$. În cazul luminii incidente pe ecran negru, viteza inițială a luminii este c; absorbită pe ecran, lumina „se oprește", viteza finală este egală cu zero; în consecință, după a doua lege a lui Newton:

$$\Delta(mv) = mc - m_0 = \frac{\varepsilon}{c},$$

din care determinăm, „masa luminii":

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} \qquad (3)$$

Astfel, aplicînd luminii legea lui Newton, trebuie să atribuim luminii masa. Dacă atribuim aceeași

„masă"* oricărei forme de energie, în special energiei mișcării, nu este greu să deducem, că masa corpului m, care se mișcă cu viteza v, se va deosebi de masa corpului în repaus m și anume:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \tag{4}$$

Masa devine o mărime relativă, întrucît nu putem în nici un caz să spunem cu certitudine ce înseamnă viteza absolută v. Aceste concluzii deduse din a doua lege a lui Newton, înfățișată într-o formă generală (1), coincid cu concluziile teoriei relativității a lui Einstein. Din acest punct de vedere, se poate spune că legea (1) își păstrează valabilitatea și în „noua mecanică" a teoriei relativității. Dacă presupunem însă, de la început, că m nu depinde de viteză, ceea ce putem afirma pe baza experienței cel puțin pentru mișcările mecanice, care au viteze mici, atunci ecuația (2) se transcrie în forma ei obișnuită.

În ceea ce privește aplicațiile practice, prima și a doua lege au fost prevăzute încă de Galileu și Descartes; Newton le-a dat o formulare generală, extrem de prudentă, care poate fi apreciată la justa ei valoare abia astăzi, după apariția teoriei relativității. Legea a treia, Newton însuși o leagă de numele lui Huyghens, însă abia în *Principii* întîlnim pentru prima oară formularea generală și clară a legii acțiunii și reacțiunii.

Perspicacitatea lui Newton la stabilirea principiilor mecanicii o putem judeca după faptul că și în vremea noastră legea acțiunii și reacțiunii se asimilează foarte greu de către începători, mai curînd ea se memorizează formal decît se înțelege. E o lege dedusă în întregime din experiență și generalizată în modul cuvenit. În scrisoarea către Cotes în legătură cu a doua

* Atribuind energiei „masa" S. I. Vavilov comite una din acele erori de terminologie, pe care le-a semnalat ulterior. *(Nota red. sov.).*

ediție a *Principiilor*, Newton dă următoarea lămurire la legea a treia: „Dacă un corp oarecare ar putea atrage un alt corp situat în apropiere, dar el însuși n-ar fi atras cu aceeași forță de către acesta din urmă, atunci corpul care atrage mai puțin ar fi împins pe celălalt înaintea lui și amîndouă ar începe să se miște cu accelerație *ad infinitum*, ceea ce contrazice legea întîia a mișcării"*.

Aplicîndu-și principiile la mișcările planetelor și cometelor, la mișcarea specifică a Lunii, la fenomenele căderii corpurilor pe suprafața pămîntului, la maree etc., Newton a ajuns la legea gravitației universale.

Amintind la începutul cărții a treia de legile empirice principale ale mișcării sateliților lui Jupiter și Saturn, ale planetelor înseși și ale Lunii, Newton demonstrează, pe baza concluziilor din prima carte a *Principiilor*, că, în toate aceste mișcări, forța îndreptată de la astrul central către satelit descrește invers proporțional cu pătratele distanțelor. Punctul central al cărții a treia îl constituie calculul din care rezultă că Luna se menține pe orbita ei datorită aceleiași forțe de gravitație, sub acțiunea căreia corpurile grele cad pe suprafața Pămîntului. Calculînd pe baza elementelor mișcării Lunii accelerația forței centripete, Newton a obținut o mărime de 3 600 ori mai mică, decît accelerația forței gravitației pe Pămînt. Pe de altă parte, Luna se află la o distanță de Pămînt egală cu aproximativ 60 de raze pămîntești. După legea pătratelor inverse, accelerația forței gravității Pămîntului va fi de $(60)^2 = 3\,600$ ori mai mică pe Lună, decît pe suprafața Pămîntului.

În legătură cu acest calcul, hotărîtor în teoria gravitației universale, Biot, și după el majoritatea altor biografi ai lui Newton, redau, în parte după Voltaire, în parte după Robinson (1739—1805), următoarea povestire. Celebrul măr l-a incitat pe Newton să se gîndească la forța gravitației și în curînd (adică pe la 1660) el a stabilit că atît căderea corpurilor cît și mișcarea Lunii au aceeași cauză. Pe Newton îl

* *Op. cit.* p. 457.

reținea numai o oarecare divergență între mărimea accelerației gravitației pe suprafața Pămîntului, stabilită prin experiență, și cea calculată pe baza mișcării Lunii. Se spune că abia în 1682, asistînd la o ședință a Societății regale, el ar fi aflat despre noile măsurători ale mărimii gradului meridianului efectuate în Franța de Picard. Întorcîndu-se de la ședință acasă, Newton s-a apucat imediat să-și refacă calculele anterioare pe baza noilor date. Emoția lui fusese atît de mare, încît el n-a putut să termine aceste calcule (foarte simple) și le-a încredințat unui prieten. Calculele au confirmat în întregime așteptările sale. Toate amănuntele acestei povestiri sînt foarte îndoielnice. Măsurătorile lui Picard erau cunoscute Societății regale încă din 1675, Hooke le-a comunicat lui Newton în 1679; nu se știe de asemenea despre existența, pînă în 1682, a unor prieteni ai savantului, cărora le-ar fi putut încredința calcule. Pe de altă parte, nu există vreun temei de a nega faptul posibil, că pe la 1660 Newton presupunea deja existența gravitației universale. El putea să păstreze ani și decenii de-a rîndul descoperirile sale fără a le publica, precum am văzut în cazul cu lucrările de optică și matematică.

Cajori a analizat amănunțit, în 1927, diferitele cauze posibile pentru care Newton nu-și publica descoperirile, și a ajuns la concluzia că principala cauză era că acesta n-a putut rezolva mult timp problema atracției unui punct exterior de către sferă. Soluția simplă, care constă în faptul că o asemenea sferă poate fi înlocuită printr-un punct în centru, cu masa întregii sfere, a fost găsită de Newton mult mai tîrziu.

Studiul mișcării Lunii i-a furnizat dovada nu numai a asemănării formale între legea forțelor centrale, care determină mișcarea planetelor, cometelor și a sateliților, de o parte, și fenomenele căderii, de altă parte, ci și a identității lor absolute.

Experiențele lui Newton cu pendulul a cărui greutate a fost, într-un caz, de lemn, într-alt caz, de aur, au demonstrat cu o precizie pînă la 0,001, că greutatea corpurilor este proporțională cu inerția lor, independent de forma ei compoziția lor. Acest fapt funda-

mental în teoria gravitației a fost verificat de Bessel, în 1828, cu o precizie și mai mare. Unele abateri, de altfel foarte mici, au fost semnalate de Bessel numai în cazul apei; cercetările din ultimul timp au descoperit însă și aici o proporționalitate deplină a masei inerte și a celei grele. Pe de altă parte, fizicianul ungar Eőtvős a demonstrat printr-o metodă specială această proporționalitate pentru un mare număr de corpuri solide cu o precizie foarte mare, care ajunge pînă la 0,000 000 001.

Newton ajunge apoi la concluzia că „gravitatea se naște și se compune față de întreaga planetă din gravitatea față de diversele părți"*, adică, forța gravitației este legată cu orice părticică, oricît de mică ar fi ea. Adunînd toate aceste însușiri ale forței de gravitație, obținem celebra expresie matematică a ei, și anume:

$$F = k \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (5)$$

unde F este forța de gravitație, m_1, m_2 sînt două mase oarecare, care se află la distanța r; k este o constantă universală, care nu depinde nici de forma, nici de compoziția substanței și nici de vreun alt factor fizic. În aceasta constă deosebirea între forța de gravitație și forțele magnetice, electrice și altele. Ca și forța centrifugă, gravitația este determinată în întregime de masa inertă a corpului.

„Forța gravitației — scrie Newton — este de natura diferită a forței magnetice, căci atracția magnetică nu este precum materia atrasă... Forța magnetică în unul și același corp se poate mări și micșora... și cu depărtarea de la magnet scade nu cu pătratul distanței, ci aproape cu cubul ei, după cum am putut observa din unele experiențe grosolane"**. Această scurtă observație arată că Newton se ocupa cu cercetarea experimentală a fenomenelor magnetice și era foarte aproape de descoperirea legii fundamentale a magne-

* *Op. cit.*p. 326.

** *Ibidem.*

tismului (legea lui Coulomb). Orice magnet real are doi poli, dacă distanța între poli este mică în comparație cu distanța de la magnetul cu ajutorul căruia se studiază mărimea forței magnetice, atunci rezultanta forțelor ambilor poli va scădea aproximativ invers proporțional cu distanțele luate la puterea a treia. Dacă dimpotrivă, ne apropiem de unul dintre polii magnetului pe o distanță mai mică decît distanța între poli, atunci forța magnetică va scădea aproximativ invers proporțional cu pătratul distanțelor.

Stabilind caracterul universal al legii gravitației, Newton observă: „Dacă cineva obiectează că toate corpurile, care sînt la noi, conform acestei legi ar trebui să graviteze unul spre altul și totuși o gravitate de acest fel nu se simte nicăieri, răspund că această gravitate, deoarece este către greutatea față de întreg Pămîntul precum sînt aceste corpuri către întreg Pămîntul, este mult prea mică pentru a putea fi simțită"*. În 1798 Cavendish a înlăturat posibilitatea și a acestei obiecții, determinînd în mod experimental, cu ajutorul balanței de torsiune, gravitația între două sfere mici. Boyss a perfecționat metoda lui Cavendish și a făcut atît de accesibilă observarea gravitației, încît ea se demonstrează astăzi cu ușurință la cursuri, paralel cu atracția magnetică și electrică. Constanta din formula gravitației (5) este egală cu $6{,}87 \cdot 10^{-8}$ (în sistemul C.G.S.).

Un pas înainte, nou și extrem de important, în studiul experimental al gravitației de la Newton încoace, a fost făcut abia în 1919. Pe baza prezicerii lui Einstein, bazată pe deducțiile teoriei generale a relativității, astronomii englezi Edlington, Crommelin și Davidson au descoperit în timpul eclipsei solare de la 29 mai 1919 o deviere a razelor de lumină de la traseul lor rectiliniu, în timpul trecerii pe lîngă un corp greu (Soarele). Această observație a fost confirmată în cursul cîtorva eclipse solare totale de mai tîrziu. Razele de lumină, trecînd lîngă un corp greu, sînt atrase de acesta într-un anumit grad, după cum

* *Op. cit.* p. 326

planetele și cometele sînt atrase de Soare. Această deviere este infimă chiar și pentru Soare, totuși ea poate fi măsurată.

Legea gravitației a fost dedusă de Newton pe baza aplicării celor trei principii, citate mai sus, la observațiile astronomice și fizice. Ca urmare, a rezultat un principiu nou de fizică, de asemenea experimental.

Istoria astronomiei din secolele al XVIII-lea și al XIX-lea este un șir neîntrerupt de triumfuri ale teoriei gravitației a lui Newton. Legea lui Newton se confirmă pe uriașele distanțe (peste 4 500 milioane km) ale întregului sistem solar. Mișcările așa-ziselor stele duble, care se află dincolo de limitele sistemului solar, se supun și ele legii gravitației. În 1941 van de Kump și D. Hoffleit, studiind mișcarea a trei stele din constelația 26 — *Draconis*, au constatat exacta îndeplinire a legii gravitației. Din trei stele, două sînt relativ apropiate una de alta, iar a treia se află față de ele la o distanță de 25 000 ori mai mare, decît distanța între Pămînt și Soare. Distanța medie între întreg sistemul 26 — *Draconis* și Pămînt este egală cu 30 de ani lumină!

Un alt exemplu remarcabil prin care se verifică legea lui Newton îl oferă observațiile asupra aglomerărilor sau îngrămădirilor de nebuloase sau stele[1].

Să examinăm aglomerarea sferică, așezată în constelația Coma Părul Berenicei. Ea este depărtată de Pămînt la distanța uriașă de cca. 45 milioane ani lumină (adică, aproape de un milion de ori mai mare, decît stelele duble amintite mai sus). În aglomerarea Coma se află mii de nebuloase, fiecare din ele depășind prin strălucirea ei absolută de 100 milioane ori Soarele nostru. Aceste nebuloase sînt răspîndite pe o sferă cu un diametru de cca. 5 milioane ani lumină.

Pentru asemenea aglomerări, reținute de gravitația universală și care se supun legii lui Newton, concentrarea în centrul sferei va fi, bineînțeles, cea mai mare și va scădea treptat spre periferie. Legea repar-

[1] F. Zwicky, *Newton's law of gravitation*, Astr. Soc. Pacific. Leaflet, nr. 163, september 1942.

tiței aștrilor de la centru spre periferie pe baza legii gravitației și a mecanicii statistice a fost calculată de Emden. În tabelul de mai jos se dă o comparație între calcul și observație pentru diferite distanțe unghiulare de la centru.

Făcînd comparația, trebuie să ținem seama că avem de-a face cu o problemă statistică, la rezolvarea căreia rezultatul calculat are sensul unei probabilități, trebuind să fie cu atît mai exact, cu cît mai mare este numărul aștrilor examinați. Avînd în vedere acest fapt, se poate spune că teoria bazată pe legea lui Newton se confirmă integral.

Astfel, se poate afirma cu deplin temei că legea gravitației universale se aplică în întregul univers pînă la distanțe parcurse de lumină în zeci de milioane de ani!

Distanța unghiulară de la centru, în minute	Numărul observat de nebuloase	Numărul calculat de nebuloase
2,5	2 777	2 692
5	1 431	1 763
10	643	795
20	285	281
30	193	158
40	120	103
50	95	74
60	66	55
80	15	33
100	23	19,5
120	12	10,5
140	2	4,5
160	1	1

Totodată astronomii au constatat de mult mici contradicții între teorie și observație. Există inegalități în mișcarea Lunii, care nu sînt explicate în întregime de teorie; orbita eliptică a lui Mercur are o mișcare de rotație (cca. 29—38″ într-un secol); s-au observat unele nepotriviri în mișcarea unor comete și stele duble. Însă în toate aceste cazuri este vorba de abateri neînsemnate, aproape la limita între eroarea de observație și eroarea de calcul și întotdeauna se poate

bănui existența unor mase necunoscute care perturbă mișcarea. Newcombe a calculat că pentru a explica anomaliile în mișcarea lui Mercur ar trebui să presupunem că forța de gravitație scade invers proporțional nu cu distanța la puterea a doua, ci la puterea de 2,00000015; atît de mică ar fi corecția la legea lui Newton, chiar dacă am căuta să aflăm cauza lor nu în influențe perturbatoare, ci în imprecizia legii gravitației!

Fizica nouă generalizează și modifică întrucîtva principiile inițiale ale lui Newton; de aceea și rezultatul aplicării acestor principii la datele experimentale — legea gravitației — trebuie să se modifice. Am văzut mai sus [formula (4)] că masa corpului trebuie să fie în funcție de viteză. Acest fapt prin el însuși trebuie să schimbe legea gravitației. Pe de altă parte, din aceeași formulă reiese că (cu unele limitări) nu poate exista o viteză mai mare decît viteza luminii c și deci însăși gravitația nu se poate propaga cu o viteză mai mare. (Trebuie să remarcăm că pînă astăzi viteza propagării gravitației n-a fost încă măsurată). Teoria generală a relativității a lui Einstein unifică forțele, care se determină prin masă (forțele centrifuge, gravitația lui Newton), într-o singură categorie comună — a forțelor de gravitație, care se supun unei legi comune. În fond, nici nu se poate face o comparație între legea lui Newton și cea a lui Einstein. În formula lui Newton intră mase și distanțe absolute, care n-au nici un sens în teoria lui Einstein. Pe de altă parte, teoria lui Einstein ocolește însăși noțiunea de forță; ea operează, am putea spune, „cu un alt vocabular" și nu spune nimic despre forțele de interacțiune a două corpuri; teoria dă formule nemijlocite pentru *calea mișcării* corpului în condițiile date. Aplicînd, însă, amîndouă legile la aceeași mișcare (de exemplu la mișcarea planetei Mercur, cea mai apropiată de Soare), se pot compara rezultatele. În felul acesta s-a dovedit că legea lui Einstein ține seama de mișcarea anomală a lui Mercur și stabilește pentru rotația axei mari a orbitei sale o mărime, care coincide destul de aproape cu datele observației. Acest rezultat per-

mite să se tragă concluzia că legea gravitației a lui Newton, cu toată precizia ei excepțională, este totuși numai aproximativă. În secolul al XX-lea fizica a pășit fără îndoială la aproximația de ordinul următor.

Newton a ocolit cu grijă în *Principii* chestiunea cauzelor posibile ale gravitației, mărginindu-se la constatarea faptului ca atare și la formularea matematică a acestuia, evitînd ipotezele. În legătură cu aceasta, F. Engels a caracterizat astfel gravitația newtoniană: „Lucrul cel mai bun ce se poate spune despre ea este că nu explică, ci *prezintă* intuitiv starea actuală a mișcării planetelor".

În prefața la a doua ediție a *Principiilor* (1713), editorul Roger Cotes apără poziția lui Newton: „Aud, scrie Cotes, cum unii... mormăie despre însușiri ascunse. Ei spun mereu că gravitația este o însușire ascunsă, tainică, însă însușirile ascunse n-au ce căuta în filozofie. La aceasta se poate răspunde ușor: sînt tainice nu acele cauze, a căror existență se descoperă prin observație, cu toată claritatea, ci numai acelea a căror existență însăși nu este cunoscută și nu este confirmată prin nimic. Prin urmare, gravitația nu este cauza ascunsă a mișcării corpurilor cerești, căci fenomenele arată că această cauză există într-adevăr. Mai just este de a recunoaște că la cauze ascunse recurg acei care atribuie legilor acestor mișcări unor cine știe ce vîrtejuri ale unei oarecare materii de pură închipuire, absolut insesizabilă prin simțuri".

În focul luptei și al apărării Cotes a alunecat spre o altă extremă, afirmînd, ce-i drept nu prea limpede, primordialitatea și incognoscibilitatea gravitației. La Newton un asemenea punct de vedere figura doar ca unul din cele posibile: „Eu nu afirm de loc că gravitația este esențială pentru corpuri, — adaugă el în ediția a treia a *Principiilor*; — sub forță înnăscută eu înțeleg exclusiv forța inerției. Ea este invariabilă. Gravitatea scade pe măsura îndepărtării de Pămînt". Trebuie să reamintim că Newton însuși a arătat în repetate rînduri, în perioada 1670—1680, că sînt posibile diferite explicații ale gravitației.

În *Chestiunile* din *Optica* ipoteza eterică a gravitației este expusă în repetate rînduri, dar tot acolo eterul este și renegat. A doua ediție a *Principiilor* se termină cu acest pasaj interesant: „Ar fi locul să adaug cîte ceva despre spiritul subtil ce pătrunde prin corpuri grosolane și se ascunde în ele; prin forța și acțiunile cărcia particulele corpurilor se atrag reciproc la distanțe minime, și dacă se ating devin coerente; și corpurile electrice acționează la distanțe mai mari, atît respingînd cît și atrăgînd corpurile vecine... Dar acestea nu se pot expune în puține cuvinte; și nici nu avem material experimental suficient, prin care trebuie determinate precis și arătate legile acțiunilor acestui spirit"*. De obicei această frază este interpretată ca o aluzie a lui Newton la posibilitatea de a aplica gravitația pe baza ipotezei eterului care umple spațiile. Dacă citim însă cu atenție rîndurile citate, devine clar că, în realitate, ele au o menire opusă. Newton vorbește numai despre eterul „care pătrunde în toate corpurile compacte și care se află în ele". Cu ajutorul acestui eter, ar putea fi lămurite, după Newton, forțele care acționează printre particulele corpurilor pe distanțe mici, adică electrice, capilare și altele. Despre gravitație, despre eter în spațiul universal nu se spune nici un cuvînt în pasajul citat. Newton a fost întotdeauna foarte precis în expresii, nu numai în cărți și memorii, dar chiar în scrisori. De aceea omiterea gravitației și a eterului din spațiul interplanetar, în pasajul de mai sus al *Principiilor* — în care gravitația este tema principală — este fără îndoială intenționată. Cu alte cuvinte, Newton a vrut prin aceasta să spună cititorului că el nu consideră posibil să explice gravitația cu ajutorul eterului.

De altfel, trebuie să fim foarte circumspecți în privința părerii definitive a lui Newton, judecînd pe baza unor asemenea citate. Nu este greu să găsim citate în care el se pronunță și pentru, și contra eterului, îndeosebi în chestiunile din *Optica*, unde adeseori se

* *Op. cit.* p. 419.

succed ipoteze contradictorii. Cheia pentru înțelegerea acestor contraziceri este aceeași maximă: „Eu nu inventez ipoteze". Confruntarea ipotezelor contradictorii, la fel de verosimile, apare într-o anumită măsură ca o persiflare a „amatorilor de ipoteze" și ca o apărare a metodei inductive a principiilor. Discipolii, sau mai bine zis, adepții n-au înțeles prudența lui și au transformat brutal principiul în ipoteză, făcînd din gravitație un postulat care nu poate fi explicat. Newton aproape nu s-a amestecat în toată zarva și disputele, în mare măsură diletante, iscate în jurul *Principiilor*. Impasibilitatea sa în această privință a mers pînă acolo, încît el a admis în cele din urmă părerile, absolut independente de ale sale, exprimate de Cotes, în prefața la ediția a doua a *Principiilor*. „Dacă veți întocmi o nouă prefață, — îi scrie el lui Cotes, — eu nu trebuie s-o văd, pentru a nu răspunde de ea".

Din punctul de vedere pur mecanic, ideea despre caracterul înnăscut al gravitației materiei și despre acțiunea la distanță fără intermediul vreunui agent, se părea, firește, lui Newton lipsită de sens, lucru pe care l-a exprimat în repetate rînduri. Aceste păreri au fost adeseori citate ca o pretinsă dovadă peremptorie a simpatiei savantului pentru ipoteza eterului. În realitate însă, din această dificultate Newton a găsit o ieșire mistico-religioasă, cu totul neașteptată. Aproape întotdeauna este citată o parte din următorul pasaj al unei scrisori a lui Newton, din 25 februarie 1693, către doctorul Bentley, autorul conferințelor pe tema *Infirmarea ateismului*: „Nu se poate concepe, scrie el, ca materia brută, neînsuflețită să poată, fără mijlocirea a ceva ce nu e material, acționa și afecta o altă materie fără contact reciproc, cum s-ar întîmpla dacă gravitatea, în sensul lui Epicur, ar fi esențială și inerentă ei... *Faptul că gravitatea ar fi înnăscută, inerentă și esențială pentru materie, astfel că un corp poate acționa asupra altuia la distanță privind, fără mijlocirea unui corp oarecare, asupra căruia și prin care acțiunea și forța sa pot fi transportate de la unul la altul, este pentru mine o absurditate atît de mare, încît eu cred*

că nici un om, care în chestiuni de materie are o facultate competentă de gîndire, nu poate să o admită. Gravitatea trebuie să fie cauzată de un agent acționînd în mod constant după anumite legi, dar am lăsat la aprecierea cititorilor mei dacă acest agent este material sau imaterial" *.

Citînd numai rîndurile subliniate și fără a lua în considerație prima și ultima frază din citat, se trage concluzia că eterul era necesar lui Newton. În realitate însă, după cum rezultă din prima și ultima frază, această necesitate apare, după Newton, numai în cazul cînd se exclude agentul „imaterial" (adică, spiritual). În 1693 el a lăsat cititorilor săi să rezolve această problemă, fără a-și expune părerea proprie. Care a fost această părere, se poate afla cu uimire din notele recent publicate (în 1937) ale lui D. Gregory.

La 21 decembrie 1705 Gregory notează următoarele: „Sir Isaac Newton a fost la mine și mi-a spus că a pregătit un supliment de 7 pagini la cartea sa despre lumină și culori (adică la *Optica*), în noua ediție latinească... El a avut îndoieli, dacă ultima întrebare poate fi formulată astfel: «Cu ce este umplut spațiul liber de corpuri?» Adevărul este că el crede într-o divinitate omniprezentă în sensul literal al cuvîntului. Așa cum noi simțim obiectele, atunci cînd imaginile lor ajung la creier, tot astfel și Dumnezeu trebuie să simtă fiecare obiect, fiind mereu prezent lîngă el. El consideră că Dumnezeu este prezent atît în spațiul liber de orice corpuri, cît și în spațiul unde există corpuri. Considerînd însă această formulare prea grosolană, el intenționează să scrie în modul următor: «Ce cauză atribuiau anticii gravitației?» El crede că anticii îl considerau pe Dumnezeu drept cauză, și nu un corp oarecare, căci orice corp este deja prin el însuși greu".

Acest pasaj remarcabil din jurnalul lui Gregory, rămas necunoscut pînă în 1937, explică sensul lungului final religios cu care se încheie *Optica* și *Scolia generală* din ediția a doua a *Principiilor*. În *Optica*, fraza

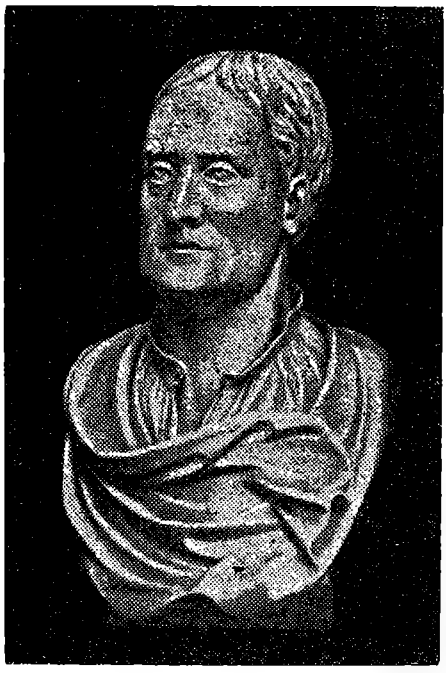
* *Op. cit.* pp. 446—447

„Dumnezeu este prezent întotdeauna în obiectele înseși", iar în *Principii*, afirmația că „corpurile care se mișcă nu resimt rezistență de la omniprezența divină", dobîndesc un sens literal după lămuririle lui Gregory.

Oricît de uimitor ar suna asemenea cuvinte la creatorul fizicii clasice, el considera, pare-se, în mod serios, că spațiul liber este umplut de Dumnezeu „care nu opune rezistență mișcării" și reglementează gravitația universală.

Trebuie să observăm, de altfel, că dogma religioasă despre umplerea spațiului de către Dumnezeu n-a fost o creație originală a lui Newton. În celebrul tratat al lui Otto Guericke *Experimenta nova* (*ut vocantur*) *Magdeburgica de vacuo spatio* (Noile așa-zisele experiențe de la Magdeburg cu spațiul vid), editat de autorul însuși în 1672 și de care Newton avea fără îndoială cunoștință, există o confruntare între ideile pe tema — spațiu și Dumnezeu. Între altele, se citează părerea cunoscutului savant iezuit Kircher, că „Dumnezeu, substanța și prezența lui umple tot spațiul imaginabil, vidul sau golul".

Au trecut două secole și jumătate de la apariția *Principiilor* și problema privind „cauza" gravitației, în sensul în care a fost înțeleasă de fizica clasică, a fost foarte puțin lămurită. Numărul cărților, memoriilor și broșurilor apărute asupra acestei probleme este imens. Nu trecea o lună ca să nu fi apărut vreo lucrare, editată de obicei de către un autor, în care se încerca rezolvarea acestei probleme. Toate aceste lucrări, cu toate că unele din ele erau spirituale, au avut o soartă lamentabilă, conținînd întotdeauna, fie niște scheme pur calitative, insuficient elaborate, fie rezultate care nu corespundeau datelor experienței, fie eșafodaje bazate pe presupuneri vădit eronate. Posibilitatea calitativă a explicației hidrodinamice a gravitației cu ajutorul ipotezei eterului, a fost indicată de Newton însuși cu mult înaintea apariției *Principiilor*, dar nimeni n-a reușit să ducă această idee pînă la capăt și să tragă din ea toate concluziile, din cauza vădițelor nepotriviri cu datele experimentale. N-au



Bustul lui Newton din fildeș, de Le Marchaud. Colecția Muzeului Britanic.

avut succes nici încercările de a reduce gravitația la atracții electrostatice.

Soluția problemei gravitației a fost indicată în 1916 de către Einstein, ca o verigă necesară a teoriei generale a relativității, care cuprinde orice fel de mișcări accelerate. Soluția aceasta este originală și surprinzătoare, căci ea face ca însăși punerea problemei despre cauza mecanică a gravitației să nu aibă sens. În teoria relativității gravitația nu se deosebește, în fond, de forța centrifugă și de alte efecte de inerție, indestructibil legate de mișcările accelerate ale maselor. Nimeni nu pune problema cauzelor speciale ale forței centrifuge; ea este considerată ca o proprietate organică a masei și derivă în mod necesar din legea acțiunii și reacțiunii. Un caracter analog îl capătă gravitația universală în teoria generală a relativității. Imposibilitatea de a concepe acțiunea pe distanță lungă dispare din teoria lui Einstein, căci spațiul absolut vid al lui Newton este înlocuit prin spațiul fizic, nu mai puțin real și material decît substanța care determină însușirile acestui spațiu.

Teoria lui Einstein a prezis cîteva fenomene noi în legătură cu gravitația: devierea razelor de lumină în cîmpul gravitației, anomalii în mișcarea planetelor (rotația lentă a orbitelor planetare), deplasarea liniilor spectrale înspre partea roșie a spectrului în cîmpurile puternice de gravitație. Toate aceste fenomene subtile au putut fi confirmate, în concordanță mulțumitoare cu teoria.

În zilele noastre fizica teoretică a reușit să cuprindă gravitația, ca o verigă necesară, în sistemul noțiunilor fizice fundamentale. Gravitația a încetat de a mai fi o parte străină a acestui sistem. Din nefericire, au dispărut simplitatea și claritatea fizicii clasice, exprimate în *Principii* și care corespund obișnuitelor noastre experiențe de zi cu zi, pe care le dobîndim de la naștere, și gravitația împreună cu multe altele în fizica nouă rămîn „neînțelese" în sensul obișnuit al cuvîntului.

Conținutul *Principiilor* nu se epuizează cu principiile mecanicii, cu problema gravitației, cu problemele astronomice și teoria mareelor. În cartea a doua a *Principiilor* există un vast material privind problema mișcării corpurilor într-un mediu rezistent, a oscilațiilor și undelor în corpuri elastice și a fost pentru prima oară formulată teoria vitezei de propagare a sunetului.

Lectura *Principiilor*, cu toate arhaismele, stilul și demonstrațiile matematice greoaie, oferă chiar și cititorului modern învățăminte fecunde, prezentînd și un interes istoric.

LUCRĂRILE DE CHIMIE ȘI ALCHIMIE ALE LUI NEWTON

Din adolescență, pe cînd locuia încă la Grantham, pînă la mutarea sa la Londra, în anii 1690—1700, Newton a efectuat continuu experiențe de chimie. Cunoștința cu chimia și alchimia a început, probabil, la farmacia lui Clark din Grantham; în orice caz, primele caiete cu notițe din adolescență au păstrat unele rețete chimice. Lunga scrisoare către Aston din 1669, citată în cap. II al acestei cărți, arată clar că Newton cunoștea bine chimia și tehnologia chimică. Experiențele în vederea obținerii unui aliaj potrivit pentru oglinzile telescopului, începute probabil pe la 1666, confirmă și ele marile cunoștințe de chimie ale lui Newton și experiența sa practică în operațiile chimice. Am citat deja amintirile lui Humphrey Newton, care se referă la perioada întocmirii *Principiilor* (1680—1690); din ele rezultă clar amploarea lucrărilor chimice efectuate sistematic de Newton în acea vreme. Laboratorul de chimie se afla în grădină, lîngă Trinity-College. După spusele lui Humphrey, „Newton lucra acolo cu multă hărnicie, satisfacție și plăcere".

Recent (în 1927) a fost găsită biblioteca lui Newton și catalogul ei. Istoria bibliotecii aceluia, „care prin geniul său a depășit specia umană", merită să fie povestită. Pe la 1920, R. de Villamil a găsit inventarul averii lui Newton, întocmit imediat după moartea sa. În acest inventar figura o bibliotecă de 1896 volume,

evaluată la 270 lire sterline. Această bibliotecă fusese cumpărată cu 300 lire de un vecin al lui Newton din Londra, directorul închisorii maritime — John Haggins. Cărțile au fost trimise fiului lui Haggins la Oxford, unde au rămas pînă la 1750. Aici biblioteca fusese vîndută cu 400 lire sterline lui James Masgrave. În 1778 ea a trecut în proprietatea unor baroneți, și a fost transportată la moșia acestora — Bernsley-Park. Proprietarii din Bernsley-Park se interesau foarte puțin de aceste „vechituri" și în 1920 biblioteca a fost vîndută la licitație, împreună cu alte lucruri, iar noile generații ale posesorilor ei n-au mai știut sau au uitat că aceste cărți aparținuseră o dată lui Newton. Foliante vechi se vindeau pe nimic ca maculatură, în baloturi a cîte 200 cărți! În felul acesta o parte însemnată a cărților lui Newton s-a împrăștiat recent, în zilele noastre, nu se știe unde, pe la anticari, și au ajuns în America. Totuși, chiar și catalogul cărților rămase, alcătuit de Villamil, împreună cu vechiul catalog al lui Masgrave, găsit tot de el, oferă un material foarte prețios pentru biografia lui Newton.

În catalog, printre altele, sînt enumerate aproape o sută de cărți de chimie și alchimie. Aici găsim cartea lui Agricola *De Metallis* despre care pomenește Humphrey, *Filozofia ocultă* a lui Agrippa din Nttesheim, cîteva cărți despre piatra filozofală, despre transformările metalelor, compendii de alchimie, diverse tratate de alchimie ale lui Lullius, operele lui Paracelsus, Boyle și altora.

Lucrurile nu se opresc însă la aceste cărți. În 1936, anticăria Sotheby din Londra[1] a publicat un catalog al manuscriselor din arhiva newtoniană, puse în vînzare din însărcinarea vicontelui Lymington. Prima parte a acestui catalog cuprinde descrierea manuscriselor de chimie și alchimie, scrise în majoritate de mîna lui Newton. După calculul autorului catalogului,

[1] Sotheby a. Co. Catalogue of the Newton papers sold by order of the Viscount Lymington to whom they have discended from Catherine Conduitt, viscountess Lymington, Greatniece of Sir Issak Newton. London, 1936, 114. p.

aceste manuscrise conțin peste 650 000 de cuvinte, sau cîteva mii de pagini. Partea principală a manuscriselor o constituie probabil conspectele din literatura chimică și alchimică, notițe pro-memoria și rețete. Notițele alchimice sînt făcute uneori pe ciornele hîrtiilor de afaceri ale Monetăriei și pe scrisori. Biblioteca și arhiva lui Newton confirmă, astfel, cu prisosință marele interes pe care-l manifesta pentru chimie și alchimie.

Ce se știe anume despre rezultatele cercetărilor chimice ale lui Newton? S-a păstrat, precum vom vedea, un mare număr de note în ciornă ale savantului în domeniul chimiei; în scrisori, în chestiunile din *Optica* se găsesc pasaje mari privind probleme de chimie, a fost publicat un mic memoriu de chimie intitulat *De natura acidorum* (Despre natura acizilor), scris după *Principiile*; în fine, mai există o serie de scrisori către Locke conținînd probleme de alchimie. Cu toată existența acestui vast material manuscris și tipărit, linia principală a lucrărilor chimice ale lui Newton n-a putut fi determinată pînă acum. După prima examinare a notelor se naște impresia unei munci exclusiv empirice, care urmărește un scop devenit tradițional în acea vreme — transformarea metalelor și, bineînțeles, obținerea aurului.

Dacă s-ar fi publicat arhivele multor chimiști și alchimiști din secolul al XVII-lea, s-ar fi obținut un tablou analog.

Se știe că Newton aplica ideile și concluziile sale principale de fizică la explicarea fenomenelor chimice. La început, în perioada 1670—1680, acestui scop i-a servit noțiunea de eter, iar mai tîrziu, după apariția *Principiilor*, — ideea atracției. Teoria transformărilor chimice, bazată pe ideea despre forțele centrale de atracție între particulele substanței, a avut o mare însemnătate în dezvoltarea chimiei teoretice pînă în timpul din urmă.

Totodată, experiențele chimice pe care Newton le efectua cu pasiune și fără întrerupere au servit, indiscutabil, nu numai pentru confirmarea acestor concluzii fizice generale.

Din nefericire, arhiva privind lucrările de chimie ale lui Newton n-a fost studiată pînă azi de nimeni în mod temeinic. Biografii lui Newton din ultimul timp[1] discută dacă Newton a fost sau nu alchimist. Această discuție este rezultatul neînțelegerii a ceea ce trebuie înțeles sub alchimie. Dacă vom considera ca alchimist pe acel personaj obișnuit al timpurilor trecute, adică pe omul care înșală sau este înșelat, care aplică farmece și magia în operațiile chimice, se bazează numai pe tradiția cărților vechi, a manuscriselor și legendelor și este lipsit de gîndirea critică și de intuiția naturalistului — atunci, firește, Newton nu poate fi considerat alchimist. Pe de altă parte, ideea de bază a alchimiei este aceea a multiplelor transformări ale substanței, a posibilității transmutării metalelor și a elementelor în genere.

Această idee o întîlnim la Newton pretutindeni; transmutația metalelor în special nu i se părea principial exclusă. Dacă avem în vedere această trăsătură a alchimiei, atunci se poate spune că Newton se ocupa cu alchimia.

În secolul al XVII-lea, ca și, de altfel, în epoca anterioară și în cea următoare, alchimia în oricare accepție a ei era considerată de cercurile largi ca magie și în orice caz era pusă alături de astrologie. De aceea nu e de mirare că Newton își ascundea lucrările de alchimie de cei din jurul său. Autorul prefeței din catalogul citat mai sus al arhivei lui Newton are dreptate cînd scrie: „După ce a obținut postul la Monetărie, orice asociere a numelui lui Newton cu alchimia ar fi fost extrem de incomodă. Zvonul că directorul Monetăriei poate transforma arthingul de aramă în guinee de aur strălucitor ar fi răspîndit panica în toată țara". Moștenirea lui Newton în domeniul chimiei s-a păstrat în special sub forma de manuscrise în ciornă.

În catalogul așa-zisei „Colecții de la Portsmouth", unde se păstrează un mare număr de manuscrise și

[1] Douglas Mc Kie, *Some notes on Newton's chemical philosophy*, Phil. Mag., 1942, 37, 847.

alte documente ale savantului, din care multe n-au fost publicate pînă acum, există o descriere a manuscriselor de chimie.

Un mare caiet de notițe, de aproape 300 de pagini, început de Newton în anii studenției, cuprinde aproape în întregime notițe de chimie. O parte din aceste notițe constă din extrase din operele lui Boyle și ale altor autori, dar alături de ele se găsesc și note despre experiențe proprii. Sînt menționate experiențe în legătură cu extragerea de mercur metalic din diferite combinații, rețete de aliaje pe bază de arsenic, note cu privire la aliaje la temperaturi joase. Sînt descrise experiențe cu acțiunea sublimatului asupra antimoniului și argintului, se arată căldura obținută amestecîndu-se uleiul de piatră vînătă cu apă sau alcool, rețeta unui metal ușor fuzibil, care „trebuie să se topească la soare". La pag. 121 a caietului, se află o notă, după cum reiese din opisul catalogului, că la 10, 14, 15 mai 1681 el a descifrat unele simboluri alchimice. Această notă este însă radiată. În nota următoare, din 18 mai, citim că el a descifrat simbolul alchimic al caducului (bastonul lui Mercur). Apoi urmează descrierea experiențelor de distilare a pietrei vinete, verde și albastră, cu țipirig. În mai, iunie și iulie 1682 sînt înregistrate experiențele de obținerea picăturii reci dintr-un amestec de sulfură de plumb, antimoniu și bismut etc. În 1683 sînt notate diferite experiențe cu sublimări.

Într-o altă mapă din arhivă se găsesc notițe, manuscrise de chimie și alchimie, din perioada de la sfîrșitul anului 1678 pînă în februarie 1696. Conținutul principal al notițelor îl constituie experiențele cu aliaje de antimoniu. La 10 iulie (anul nu este indicat) este notat *vidi philosophicum* (poate: am văzut piatra filozofală?). La 16 mai 1686 există o însemnare neinteligibilă: *ven. vol.* Experiențele cu aliajele continuă și în 1693. Este notată o comparație a topirii diferitelor amestecuri de plumb, cositor și bismut; amestecul cel mai ușor fuzibil s-a dovedit a fi următorul: 5 părți de plumb + 7 părți cositor + 12 părți bismut. În aprilie 1695 sînt notate experiențe cu anti-

moniu, minereu de fier, cupru și cositor. Încă în februarie 1696, adică în preajma mutării sale la Londra, Newton consemnează experiențe de sublimare a antimoniului cu minereul de fier. Cercetarea catalogului colecției de la Portsmouth duce la o concluzie precisă: cel puțin de la 1666 pînă la 1696, adică timp de 30 de ani, Newton efectua cu perseverență experiențe cu aliaje metalice. La început, aceste experiențe puteau avea scopul practic de a fabrica o bună oglindă pentru telescopul-reflector, dar se poate presupune că ulterior a început să predomine preocuparea alchimică — obținerea aurului.

O anexă importantă la manuscrisele lui Newton sînt unele scrisori ale sale, care se ocupă de chimie și alchimie. În 1675 Boyle a publicat în *Philosophical Transactions* un articol intitulat: „O cugetare experimentală despre încălzirea mercurului cu aurul". În acest articol el face o aluzie la unele posibilități „filozofice", cum se exprimau alchimiștii, adică la posibilități de a transforma metalele. În această ordine de idei Newton a adresat la 26 aprilie 1676 o scrisoare lui Oldenburg, arătînd că Boyle ar face mai bine dacă și-ar păstra secretele, căci „mulți ard de curiozitate să afle metoda de preparare a unui astfel de mercur". „Metoda cu care se îmbibă mercurul poate fi furată de alții, care vor afla despre ea, și de aceea ea nu va servi la ceva mai nobil; comunicarea acestei metode va aduce un mare rău lumii, numai dacă scriitorii ermeticieni au dreptate în vreun sens. De aceea n-aș dori nimic altceva decît ca marea înțelepciune a nobilului autor să-i impună tăcerea pînă cînd nu va lămuri care pot fi urmările acestei chestiuni, fie prin experiența sa proprie, fie după judecata altora, care înțeleg bine ce spune el, adică a filozofilor-ermeticieni adevărați". Din această scrisoare rezultă în orice caz limpede, că ceea ce l-a îndemnat pe Newton să pornească în căutarea transmutației a fost cu totul altceva decît la alchimiștii de rînd.

La 30 decembrie 1691 a murit Boyle; el a lăsat hîrtiile sale, prin testament, la trei prieteni, printre care și lui Locke. În scrisoarea către Locke din 26 ianuarie

1692, Newton scrie printre altele: „Am auzit că Mr. Boyle v-a comunicat, ca și mie, procedeul său cu privire la pămîntul roșu și mercur, și înainte de a muri v-a predat o cantitate din acest pămînt pentru prietenii săi". „Pămîntul roșu" al lui Boyle este menționat și într-o serie de scrisori ale lui Newton către Locke. La 7 iulie 1692 el scrie: „Mi-ați trimis mai mult pămînt decît m-am așteptat. Am dorit să am numai o mostră, căci nu sînt dispus să execut procesul întreg. Serios vorbind, eu mă îndoiesc asupra lui. Dar întrucît dv. intenționați să-l realizați, aș fi bucuros să asist la aceasta".

În scrisoarea următoare, din 7 august 1692, Newton dă lămuriri asupra rețetei lui Boyle, arătîndu-se din nou sceptic. El povestește că a auzit de mult despre această rețetă, că Boyle i-a comunicat-o, ascunzîndu-i însă o parte, dar că el știe mai mult despre ea decît spunea Boyle. Astfel, se dezvăluie sistemul ascunderii „secretelor", atît de curent printre persoanele care se ocupau cu alchimia.

Cam la aceasta se reduc documentele publicate pînă în ultimul timp, privind lucrările alchimice ale lui Newton. Din ele reiese munca intensă și foarte monotonă efectuată, timp de peste 30 de ani, cu aliajele metalice, avînd ca cel mai frecvent component antimoniul. Scopul acestor experiențe era, probabil, transmutația.

Din scrisoarea către Oldenburg citată mai sus, ies la iveală problemele pur „filozofice", cognitive, pe care le urmărea Newton. Munca lui a rămas, firește, fără rezultat în ceea ce privește problema principală. Mai uimitoare este absența altor rezultate, speciale și particulare. În orice caz, în notele ce s-au păstrat, nu există, pare-se, nimic altceva în afara unor observații disparate, cele mai multe de natură calitativă. Faptul acesta e greu de explicat, dacă ținem seama de uimitorul talent de experimentator al lui Newton ce s-a manifestat mai ales în cercetările sale optice. Arta de a transforma experiența într-un instrument de cercetare docil și elastic, care urmează gîndul și logica experimentatorului, n-o vedem în haosul, cel puțin

aparent, al experiențelor alchimice, — și doar în aceasta a constat marea pricepere a lui Newton. Să sperăm că cercetarea atentă a arhivei manuscriselor de alchimie a lui Newton va rezolva o dată această problemă. Astăzi însă ea rămîne obscură.

Newton însuși n-a publicat un rînd despre lucrările sale alchimice; informațiile noastre provin tot din manuscrise și scrisori. Problemele teoretice generale ale chimiei au fost tratate de Newton mai deschis, atît în scrisori, cît și în lucrări tipărite. În 1670, cînd Newton a fost atras de ideea eterului, care i-a servit pentru explicarea întregii dinamici a naturii, el a aplicat-o și la explicarea proceselor fizico-chimice.

În scrisoarea către Boyle din 28 februarie 1679, din care am citat mai sus unele pasaje, el scrie între altele: „Acțiunea solvenților asupra corpurilor se poate explica în modul următor: să presupunem că un colorant oarecare, coșenilă sau lemn de băcan, este introdus în apă. Îndată ce apa pătrunde în porii acestui corp, ea udă din toate părțile toate particulele lui, care se lipesc între ele și formează corpul după principiul expus în presupunerea a doua[1]. Apa face să înceteze sau cel puțin reduce acțiunea acestui principiu, care leagă particulele în corp, căci ea face ca eterul din toate părțile particulei să fie mai omogen sub raportul densității, decît era înainte. Cu această ocazie, particula smulsă de cea mai mică mișcare apare la suprafața apei și împreună cu alte particule o colorează". Aceasta este teoria „etherică" a dizolvării a lui Newton. Mai departe, în aceeași scrisoare către Boyle, pe baza ideii despre eter, Newton enunță următoarea ipoteză despre particulele de aer: „Nu numai dimensiunea, ci și densitatea particulelor explică constanța substanțelor aeriene. Căci surplusul de densitate

[1] A doua presupunere este că „eterul pătrunde în toate corpurile astfel, încît el este mai rarefiat în pori, decît în spațiul său propriu, și cu atît mai rarefiat, cu cît acești pori sînt mai mici".

a eterului dinafara particulelor față de densitatea lui dinăuntrul particulelor este mai mare. De aceea cred, uneori, că aerul cu adevărat constant are o origine metalică, căci nici o substanță n-are densitatea pe care o au metalele".

Crearea *Principiilor*, posibilitatea de a explica sistemul universului cu ajutorul gravitației, incompatibilitatea între mișcările planetare regulate și eterul substanțial, care umple spațiul, l-au obligat pe Newton să-și schimbe și concepțiile asupra forțelor moleculare și chimice. Pentru explicarea lor el recurge în locul eterului, la forțele de atracție, după modelul gravitației universale.

În 1710, în anexa la *Lexicon Technicum* al lui John Harris a fost publicat, cu autorizația lui Newton, în limba latină, însoțit de o traducere engleză, un mic memoriu de chimie intitulat: *De natura acidorum* (Despre natura acizilor). În prefața cărții se spune că acest memoriu a fost predat de către Newton unui „prieten", în 1692. Nu se știe cînd a fost scris acest memoriu, însă din conținutul lui reiese limpede că l-a scris după ce a terminat *Principiile*. Newton explică în felul următor acțiunea acizilor: „Particulele acizilor sînt mai mari decît particulele de apă și de aceea sînt mai puțin volatile, dar sînt mult mai mici decît particulele de pămînt și de aceea sînt cu mult mai puțin legate între ele. Ele posedă o mare forță de atracție și în aceasta constă eficiența lor... Prin natura lor, ele ocupă un loc intermediar între apă și corpuri și le atrag pe amîndouă. Din cauza forței lor de atracție, ele se adună în jurul particulelor corpurilor, atît ale celor minerale, cît și ale celor metalice... Cu ajutorul forței de atracție, acizii distrug corpurile, pun în mișcare lichidul și dau naștere căldurii, fracționînd în așa fel unele particule, încît ele se transformă în aer și dau naștere la bule. În aceasta constă baza dizolvării și fermentării. Tot așa cum globul pămîntesc atrage prin forța de gravitație apa mai mult decît corpurile ușoare, avînd ca efect faptul că corpurile ușoare se ridică în apă și fug de pămînt, tot așa și particulele sărurilor, atrăgînd apa, se îndepăr-

tează unele de altele la distanța cea mai mare, răspîndindu-se pe întreaga suprafață a apei". Avem aici o nouă teorie „atracționistă" a dizolvării, care a luat la Newton locul teoriei „eterice" anteriore.

După expunerea succintă a teoriei despre acțiunea acizilor, urmează *Diferite cugetări*, care cuprind, sub o formă aforistică, aplicarea ideii de atracție la diferite fenomene fizico-chimice.

Este remarcabilă următoarea „cugetare" cu privire la aur și mercur: „Aurul constă din particule care se atrag reciproc; suma lor o vom denumi prima combinație, suma acestor sume — a doua combinație etc. Mercurul și apa regală pot trece prin porii dintre particulele ultimei combinații, dar nu prin altele. Dacă solventul ar putea trece prin alte combinații, cu alte cuvinte dacă s-ar putea separa particulele de aur din prima și a doua combinație, aurul ar fi devenit lichid și curgător. Dacă aurul ar putea fermenta, el s-ar transforma într-un oarecare alt corp"[1]. Aici aflăm, în fine, ceva despre teoria newtoniană a transmutației.

Pentru a înțelege acest raționament al lui Newton, e util să revenim la *Optica*. Pentru a explica trecerea razelor de lumină prin corpuri, el presupune că partea principală a corpurilor sînt porii. Structura corpurilor pe care o schițează este următoarea: „Să ne închipuim — spune el — că particulele corpurilor sînt așezate în așa fel, încît intervalele sau spațiile vide dintre ele le sînt egale ca mărime, particulele pot fi compuse din alte particule și mai mici, iar spațiul vid dintre

[1] Biografii și cercetătorii operei lui Newton n-au dat, din cauze inexplicabile, atenție acestui pasaj esențial din lucrările de chimie ale lui Newton. De aceea îl vom cita în original: „Aurum particulas habet se mutuo trahentes; harum summae vocentur primae compositionis; harum summarum summae secundae etc. Potest Mercurius, potest Aqua Regis poros pervadere, qui particulas ultimae compositionis interjacent, et non alios. Si posset menstruum alios illos pervadere vel si auri partes primae et secundae compositionis possent separari, fieret aurum fluidum et malleabile. Si aurum fermentescere posset, in aliud quodvis corpus posset transformari". I. N e w t o n, *Opera*, t. IV. Londini, 1782, pp. 399—400.

ele este egal cu mărimea tuturor acestor particule mai mici și, tot astfel, aceste particule mai mici se compun la rîndul lor din altele și mai mici, care toate la un loc sînt egale, ca mărime, tuturor porilor sau spațiilor vide dintre ele... Dacă există cinci asemenea grade, în corp vor exista de 31 ori mai mulți pori decît părți solide. Dacă există șase grade, corpul va avea de 63 ori mai mulți pori, decît părți solide și așa mai departe pînă la infinit. Există și alte căi pentru înțelegerea excepționalei porozități a corpurilor. Dar care este în realitate structura lor internă, noi n-o știm încă". Ipoteza lui Newton despre porozitatea extraordinară a corpurilor se confirmă, după cum se știe în întregime de cunoștințele noastre moderne cu privire la structura substanței. Schema dată de el s-a concretizat sub forma combinațiilor moleculare, învelișurilor electronice și a nucleelor atomice.

Revenind la „cugetarea" citată mai sus cu privire la mercur și aur, ideea lui Newton poate fi exprimată, în limbajul modern, în felul următor: pentru distrugerea atomilor de aur trebuie găsit un mijloc de fracționare a particulelor celor mai strîns legate între ele, din care este format atomul. Această idee este foarte justă: fizicianul de azi știe că pentru sfărîmarea atomului de aur trebuie sfărîmat nucleul lui, adică ceeace Newton numește „prima combinație". El a intuit parcă existența nucleului atomic, deși despre aceasta se poate vorbi, desigur, numai în sensul cel mai larg, principial. Rîndurile citate din *De natura acidorum* îl detașează categoric pe Newton ca alchimist, din masa anonimă a ignoranților, mincinoșilor sau celor induși în eroare, cunoscuți în timpurile vechi sub numele de alchimiști. Experiențele sale constituie o încercare, ce-i drept prematură, de a rezolva o problemă, elucidată abia în vremea noastră.

Newton și-a expus cunoștințele chimice în modul cel mai detaliat, pe baza ideii de atracție, în chestiunea a 31-a din *Optica*: „Nu posedă oare particulele mici ale corpurilor — scrie el, — anumite posibilități, proprietăți sau forțe, cu ajutorul cărora ele acționează la distanță nu numai asupra razelor de lumină

la reflecția, refracția sau devierea lor, ci și unele asupra altora, generînd cu această ocazie o parte însemnată din fenomenele naturii? Căci este bine cunoscut că corpurile acționează unele asupra altora cu ajutorul atracțiilor gravitației, ale magnetismului și ale electricității; aceste exemple arată tendința și mersul naturii și fac probabilă existența altor forțe de atracție în afara acestora.

Căci natura este deosebit de consecventă și asemănătoare cu ea însăși.

Eu nu cercetez aici cum se realizează aceste atracții. Ceea ce numesc eu atracție se poate produce prin intermediul unui impuls sau altor modalități, pe care nu le cunosc. Eu întrebuințez aici acest cuvînt pentru a desemna numai în general o forță oarecare datorită căreia corpurile tind unele către altele, oricare ar fi cauza ei... Atracțiile gravitației, ale magnetismului și ale electricității se extind asupra unor distanțe foarte vizibile și astfel au fost observate cu ochiul liber, dar pot exista și alte atracții, care se extind pe distanțe atît de mici, încît pînă în prezent scapă observației și poate că atracția electrică se extinde pe astfel de distanțe mici și fără a fi provocată prin frecare". După această introducere principială, care constituie o schiță a teoriei înrudirii chimice, Newton citează un mare număr de exemple din chimie pe care le explică prin manifestări ale atracției. Iată unul din ele: „Cînd apa și vitriolul sînt turnate succesiv în același vas și amestecul devine foarte fierbinte, nu este oare această căldură o dovadă a unei mari mișcări a particulelor lichidului? Și nu se poate oare trage concluzia din această mișcare, că particulele a două lichide se combină cu violență în timpul amestecării lor și deci tind unele spre altele cu o mișcare accelerată?" În unele cazuri se poate vorbi, după părerea lui Newton, și despre repulsie între particule. În felul acesta interpretează el în *Optica* dizolvarea (aceasta este, precum vedem, a treia variantă a teoriei dizolvării). „Nu presupune oare această tendință (adică, dizolvarea) — spune el — o forță repulsivă la particule, datorită căreia ele se depărtează rapid unele

de altele sau cel puțin faptul că particulele atrag mai puternic apa, decît se atrag între ele?"

Ideea newtoniană despre atracție ca baza înrudirii chimice a determinat dezvoltarea gîndirii teoretice în chimie pînă în timpurile noastre. Trebuie să spunem că D.I. Mendeleev a fost un newtonian în domeniul chimiei, ceea ce este exprimat cu o deosebită claritate în cele *Două prelegeri londoniene* ale sale.

E posibil ca Newton să-și fi propus să scrie o carte specială despre fenomenele chimice. L. More a găsit recent, printre hîrtiile colecției de la Portsmouth, următoarea notă a lui Stukeley: „El a scris de asemenea o lucrare de chimie care explică principiile acestei arte misterioase, pe baza demonstrațiilor experimentale și matematice; el prețuia foarte mult această lucrare, dar din nefericire ea a ars în laboratorul lui în urma unui foc accidental. El n-a mai reluat niciodată această lucrare, fapt pe care trebuie să-l regretăm foarte mult".

REVOLUȚIA DIN 1686—1689. NEWTON — DEPUTAT ÎN PARLAMENT. BOALA PSIHICĂ A LUI NEWTON. OBȚINEREA SERVICIULUI LA MONETĂRIE. MUTAREA LA LONDRA 1687—1695

Cu publicarea *Principiilor* se încheie principala perioadă de creație din viața lui Newton. Proiectele și planurile din anii studenției au fost realizate — în orice caz într-o măsură însemnată — însă activitatea sa a continuat să se desfășoare după legile inerției creatoare. Multe probleme de mecanică și astronomie trebuiau revizuite sau completate, lucrările de matematică nu erau sistematizate, experiențele de chimie, electricitate și magnetism, căldură, acustică continuau să-l preocupe, după cum se poate judeca din mai multe indicații din *Optica* și *Principii*. În sfîrșit, după publicarea *Principiilor*, Newton a început să se ocupe intens și serios cu problemele pur teologice.

Totuși publicarea *Principiilor* a fost ultimul act al lui Newton, care a avut o influență determinantă asupra mersului ulterior al științei. Cei patruzeci de ani ai vieții sale ce s-au scurs de la 1687, au adăugat foarte puțin fizionomiei sale științifice. Aceasta se explică în bună parte prin evenimente de ordin extern.

La sfîrșitul deceniului 1680—1690 Anglia se afla în pragul unei noi revoluții. Manifestare exterioară a profundelor contradicții economice și de clasă și-au găsit din nou expresia, ca pe timpul lui Cromwell, în frămîntările religioase. Catolicii-papiștași din anturajul regelui Iacob al II-lea i-au sugerat acestuia ideea despre pericolul deosebit pe care-l reprezintă

Universitățile de la Oxford și Cambridge, ca citadele ale anglicanismului. S-a hotărît întărirea în aceste universități, într-o măsură sau alta, a elementului catolic.

Exact în anul apariției *Principiilor*, regele a cerut Universității de la Cambridge, nesocotindu-i drepturile, să acorde titlul de magistru, cu toate privilegiile corespunzătoare, călugărului benedictin Alban Francis. Iacob al II-lea a încercat să restituie catolicismului situația de biserică dominantă în Anglia, prin numirea catolicilor în posturi înalte. Acordul universității în cazul de față amenința să devină un precedent pentru sporirea ulterioară a numărului catolicilor ca membri ai universității. Universitatea a refuzat să îndeplinească cererea regelui; a izbucnit o luptă atît de violentă, încît clericii englezi au trimis pe ascuns o rugăminte în Olanda, către prințul de Orania, de a interveni și opune rezistență despotismului regal. Universitatea a trimis o delegație la Londra, din care a făcut parte și Newton, cu o petiție către rege. Ea a reușit în cele din urmă ca cererea regelui privind „alegerea" lui Francis să fie retrasă.

Ca membru al delegației universitare, Newton era în aparență tăcut și puțin activ. Există însă informații că el s-a manifestat ca cel mai încăpățînat și îndîrjit dintre delegați. La un moment dat, toți erau gata să accepte un compromis, în sensul de a acorda lui A. Francis titlul cerut, dar cu condiția că asemenea excepții nu se vor mai repeta. Newton s-a opus cu hotărîre și delegația a renunțat la compromis.

Noul biograf al lui Newton, L. More a publicat recent o scrisoare a sa către un necunoscut, din care reies destul de clar pozițiile sale politice, ca whigh, în anii aceia: „Orice om cinstit, scrie el, este obligat, după legile divine și omenești, să se supună ordinelor legale ale regelui, dar dacă maiestatea sa este sfătuit să ceară lucruri ce nu pot fi acordate pe baza legii, atunci nimeni nu poate suferi vreo consecință pentru faptul că nu le-a îndeplinit".

Între timp situația politică din țară s-a înrăutățit și în decembrie 1688 Wilhelm de Orania a debarcat

în Anglia, iar regele a fugit în Franța. Au fost decretate alegeri pentru constituantă. Alegerea lui Newton ca membru al parlamentului din partea universității, în 1688, trebuie pusă probabil, în legătură cu succesul pe care l-a avut la prima sa afirmare politică, ca reprezentant al universității la Londra. Cea mai mare parte a timpului său, în anii 1688—1689, Newton o petrece la Londra.

Cunoscîndu-i caracterul, nu este ușor să ni-l închipuim în parlament, cu atît mai mult cu cît în tot timpul prezenței sale acolo, el n-a pronunțat nici un cuvînt. O anecdotă spune că doar o singură dată a auzit Camera Comunelor glasul lui Newton, atunci cînd l-a rugat pe un servitor să închidă geamul în sala de ședințe.

De altfel, se pare că, în calitatea sa de deputat, el a ajutat mult universitatea, ca intermediar între noul guvern și aceasta din urmă. S-au păstrat 13 scrisori ale lui Newton către vicecancelarul universității John Cowell, cu îndrumări și sfaturi de natură politică. Poziția sa ca reprezentant al partidului whigh și partizan al regelui William a fost mereu clară, în ciuda oscilațiilor complicate ale barometrului politic.

În 1689 s-a îmbolnăvit grav mama lui Newton și el a trebuit să plece de la Londra la Woolsthorpe. Mama sa a murit în brațele lui. Nu există date documentare asupra relațiilor dintre Newton și mama sa, însă călătoriile regulate la Woolsthorpe atestă profundul său atașament pentru dînsa.

În timpul șederii sale la Londra, Newton a luat parte la cîteva ședințe ale Societății regale și l-a cunoscut, pentru prima oară, pe Huyghens. Amîndoi au prezentat cîte o comunicare asupra unor subiecte foarte neizbutite. Newton a referit despre măsurătorile sale greșite asupra dublei refracții a spatului de Islanda în prezența creatorului celebrei teorii a dublei refracții, care și-a păstrat însemnătatea pînă în ziua de azi; Huyghens a vorbit despre teoria sa greșită a gravitației în prezența autorului *Principiilor!* La Londra Newton l-a cunoscut pe filozoful John Locke. Această cunoștință a avut o mare influență asupra sa.

Pe amîndoi îi unea în special interesul pentru teologie și alchimie. În 1690 Newton a scris o lucrare de teologie intitulată: *Două denaturări importante în sfînta scriptură*, care reflectă vasta sa erudiție în acest domeniu și scoate totodată la iveală neîncrederea sa față de dogma de bază a trinității. Pentru vremea aceea aceasta nu era un lucru simplu. Tot în aceeași perioadă au fost scrise lucrările de exegeză ale lui Newton privind cărțile profetului Daniil și ale Apocalipsului.

Locke i-a făcut cunoștință cu demnitarii de la curtea regelui William — lordul Montmouth, Mashemamy și Somers. Aceste relații au înlesnit ascensiunea ulterioară a lui Newton.

Pe de altă parte, influența lui s-a răsfrînt curînd și asupra concepțiilor lui Locke. În *Cugetări despre educație*, publicate de Locke în 1693, există rînduri foarte simptomatice, care oglindesc răspîndirea concepțiilor newtoniene în cercuri largi: „Incomparabilul mister Newton ne-a arătat în ce măsură matematica, aplicată la anumite domenii ale naturii, poate cu ajutorul unor principii confirmate de fapte să ne apropie de cunoașterea cel puțin a unor domenii ale universului, care în totalitatea sa ne este inaccesibil.

Dacă alții ne-ar fi dat o descriere tot atît de justă și exactă a oricăror alte domenii ale naturii, așa cum a făcut-o acest om de știință cu privire la lumea noastră planetară și la cele mai remarcabile fenomene ce se observă în ea, în excelenta sa lucrare: *Philosophiae naturalis principia matematica*, am putea spera să căpătăm cu timpul o cunoaștere mult mai evidentă și mai autentică a multor părți ale minunatului mecanism al universului, decît aceea pe care am atins-o pînă acum. Și deși sînt foarte puțini oameni atît de pricepuți în matematică, care să înțeleagă bine demonstrațiile lui mister Newton, cu toate acestea, avînd în vedere părerile matematicienilor celor mai competenți, care le-au cercetat și le-au găsit incontestabile, cartea sa merită din plin să fie citită și va aduce mult folos și plăcere aceluia care, dorind să înțeleagă mișcările, însușirile și acțiunile marilor mase ale substanței în

sistemul nostru solar, își va însuși măcar concluziile acestei opere, pe care se poate baza, ca pe adevăruri pe deplin dovedite".

Încheindu-și îndatoririle în parlament, Newton s-a înapoiat la Cambridge în februarie 1690.

Anii 1690—1693 reprezintă perioada cea mai întunecată din viața lui Newton, a bolii sale psihice vremelnice. Newton personal, rudele sale, elevii săi cei mai apropiați și biografii săi din secolul al XVIII-lea au ascuns cu grijă această boală a lui. S-au păstrat însă cîteva scrisori ale savantului, care constituie o confirmare irefutabilă a bolii. Un zvon care circula punea în legătură tulburările psihice ale lui Newton cu un incendiu ce s-ar fi produs în biroul său de lucru, cu care ocazie ar fi pierit multe manuscrise și lucrări neterminate. Despre acest incendiu scrie, de exemplu, matematicianul Wallis lui Leibniz în 1696, vorbind despre hîrtii vechi și scrisori ale lui Newton, care justifică dreptul lui asupra descoperirii calculului fluxiunilor. Wallis observă că „o parte însemnată a hîrtiilor lui Newton a ars". Multe manuscrise ale lui Newton s-au acoperit cu funingine și poartă urme de incendiu. Despre cele ce se colportau printre cetățenii din Cambridge cu privire la incendiu și la boala lui Newton, se poate judeca după jurnalul studentului Abraham de la Prime, al cărui manuscris, intitulat *Ephemeris vitae*, se păstrează la Cambridge. La data de „1692, 3 februarie" este notat:

„Trebuie să povestesc cele ce-am auzit astăzi. Există aici un oarecare mister Newton (pe care l-am văzut adeseori), membru la Trinity-College, foarte celebru prin știința sa, un strălucit matematician, filozof, teolog etc. El este de mult timp membru al Societății regale; printre alte cărți și tratate foarte savante, el a scris un tratat despre principiile matematice ale filozofiei, care i-a adus celebritate, el a primit o mulțime de scrisori de felicitare pentru această carte, îndeosebi din Scoția. Dar printre cărțile scrise de el, era una despre culori și lumină, bazată pe mii de experiențe, pe care el le-a efectuat timp de 20 de ani, cheltuind cu ele multe sute de lire sterline. Această carte, pe

care el o aprecia atît de mult, despre care se vorbea atîta, a pierit și s-a pierdut definitiv, tocmai în momentul cînd savantul o termina, și anume în următoarele împrejurări: într-o dimineață de iarnă el s-a dus la biserică, lăsînd cartea cu alte hîrtii pe biroul său de lucru. Lumînarea pe care el, din nenorocire, a lăsat-o aprinsă, a incendiat, nu se știe cum, hîrtiile, de la ele s-a aprins cartea, iar o dată cu ea și alte manuscrise prețioase; ceea ce e mai uimitor, este că incendiul s-a redus la atîta. Cînd mister Newton s-a înapoiat de la biserică și a văzut cele întîmplate, toți au crezut că și-a pierdut mințile; el a fost atît de zguduit de această întîmplare, încît abia peste o lună și-a putut reveni".

Zvonul s-a întins; în manuscrisele lui Huyghens s-a păstrat următoarea notă:

„La 29 mai 1694 scoțianul Colm mi-a povestit, că celebrul geometru Isaac Newton a suferit acum un an și jumătate o tulburare mintală, cauzată în parte de munca excesivă, în parte de durerea ce i-a fost pricinuită de incendiul care a mistuit laboratorul său de chimie și unele manuscrise. Cînd l-a vizitat apoi pe arhiepiscopul din Cambridge, cei aflați acolo au observat tulburarea mintală a lui Newton. De aceea prietenii au luat măsuri, l-au închis în casă, l-au silit să ia medicamente, și datorită acestor măsuri el s-a îndreptat într-atîta încît începe să înțeleagă cartea sa *Principiile*".

Însănătoșirea completă a lui Newton nu s-a produs însă repede. După notele studentului de la Prime, boala a apărut pe la sfîrșitul anului 1691 sau la începutul anului 1692, însă s-au păstrat, datate încă în septembrie 1693, scrisori ciudate ale lui Newton către secretarul Amiralității, către președintele Societății regale Pepys și către filozoful Locke, care confirmă starea anormală a lui Newton. În scrisoarea către Pepys, Newton scrie: „Sînt uluit de încurcătura în care am nimerit; în aceste douăsprezece luni am mîncat și am dormit prost și nu mai am fermitatea minții de altădată; niciodată n-am sperat să obțin ceva cu concursul dv., sau prin grația regelui James, dar acum am

devenit atît de iritabil, încît trebuie să renunț la cunoștința cu dv., și să nu vă văd nici pe dv., nici pe vreun altul dintre prietenii mei, dacă vreau numai să-i las în pace". Pepys, alarmat, a cerut informații despre sănătatea lui Newton la Millington din Cambridge. Acesta i-a răspuns următoarele:

„L-am întîlnit pe Newton la 28 septembrie și înainte de a-l întreba, mi-a spus el singur că v-a scris o scrisoare foarte penibilă, care-l jenează mult; el a adăugat că e într-o stare de surescitare, are dureri de cap și n-a dormit cinci nopți în șir. Roagă să vă transmit aceasta cu prima ocazie și să vă rog să-l scuzați. Acum el se simte bine și cu toate că, după cum mi se pare, este cuprins de oarecare melancolie, totuși, cred că nu este cazul să bănuim o tulburare definitivă a facultăților mintale, ceea ce, sper, nici nu se va întîmpla".

O scrisoare nu mai puțin ciudată a fost expediată lui Locke, la trei zile după scrisoarea către Pepys: „Sir, considerînd că aveți intenția să mă încurcați cu femei, am fost atît de surescitat, încît atunci cînd mi s-a povestit că sînteți bolnav și nu veți scăpa cu viață, am răspuns că va fi mai bine dacă veți muri mai repede" etc., etc. Peste trei săptămîni, la 5 octombrie, Newton scrie lui Locke o altă scrisoare, de scuze, în care de asemenea întîlnim ciudățenii: „Sir! adormind prea des în cursul ultimei ierni lîngă foc, am căpătat obiceiul bolnăvicios de a dormi; tulburarea, devenită vara aceasta epidemică, m-a derutat și mai mult, astfel că atunci cînd v-am scris, eu nu dormisem nici o oră timp de cinci nopți în șir. Îmi amintesc că v-am scris, însă nu țin minte ce v-am scris cu privire la cartea dv."

Aceste documente dovedesc, în mod neîndoios, că timp de cel puțin doi ani (1692—1693) Newton a trecut printr-o gravă boală psihică, suferind probabil de mania persecuției. Nu se poate vorbi de o totală tulburare mintală; accesele erau probabil urmate de lungi intervale de stare normală. Colosala încordare intelectuală din epoca creării *Principiilor* n-a trecut fără a lăsa urme și s-a terminat cu un surmenaj grav.

Legendele născute în jurul acestei perioade întunecate din viața lui Newton indică în mod invariabil incendiul din camera sau laboratorul său ca principala cauză. Ca vinovat figurează cîinele Diamond, care ar fi răsturnat o lumînare aprinsă peste un vraf de manuscrise. În materialele strînse de Condwitt există informații că au pierit în foc lucrări de optică, un tratat de chimie și o mare lucrare de acustică, care prin stilul și caracterul ei ar fi semănat cu *Optica*. Aceste povești sînt evident fantastice, dar cu toate acestea ele conțin poate un grăunte de adevăr.

După înapoierea de la Londra la Cambridge și pînă la plecarea sa definitivă la Londra, adică între 1690 și 1696, Newton a revenit la felul de viață dinainte. Conținutul vast al *Principiilor* cerea mereu îndreptări și completări. Cea mai interesantă și importantă, din punct de vedere practic, a fost problema mișcării Lunii. Din cauza influenței Soarelui și a diferitelor planete, mișcarea Lunii este foarte încîlcită. Avem aici un exemplu al unui caz extrem de greu al așazisei probleme a celor trei (sau chiar mai multor) corpuri. Bazîndu-se pe observațiile lui Flamsteed, Newton a lucrat asupra problemei Lunii pînă la mutarea sa la Londra, cît și după aceasta. În afară de aceasta, experiențele de chimie și activitatea academică obișnuită la colegiu se desfășurau în continuare.

Cu toate acestea, în viața lui Newton se simțea o schimbare radicală. Activitatea politică, viața la Londra și-au lăsat urmele lor. Încă înainte de înapoierea sa la Trinity-College, Newton a început să se intereseze asupra posibilității de a obține un serviciu la Londra, mai avantajos din punct de vedere material. În această privință l-au ajutat prietenii, Locke, Montague și alții. Este greu de înțeles această dorință de a fi la Londra și de a-și îmbunătăți condițiile materiale, dacă ținem seama de tot ce știm despre solitarul de la Cambridge și fermierul din Woolsthorpe. După socoteala lui More, veniturile lui Newton la Cambridge erau fără îndoială suficiente pentru a-i asigura o viață fără griji. Pe de altă parte, în ultimul deceniu al secolului al XVII-lea, după triumful obținut prin

publicarea *Principiilor*, Newton n-a mai revenit la intenția lui anterioară de a abandona „filozofia".

În epoca aceea el avea aproape cincizeci de ani și, poate, surmenajul, boala, grija pentru viitor l-au silit să-și caute o ocupație mai trainică.

În 1694, un prieten al lui Newton, fost student la Trinity-College, Charles Montague (devenit mai tîrziu contele Halifax), a obținut postul de ministru cancelar al tezaurului și în toamnă s-a răspîndit zvonul la Londra că Newton capătă postul de păstrător al Monetăriei *(Warden of Mint)*. În scrisoarea sa din 14 martie 1696 către Halley, el încearcă să refuze acest post. El scrie: „Dacă se vor răspîndi din nou zvonuri despre propunerea ce mi se face la Monetărie, cu prilejul morții lui Hore sau cu alt prilej, vă rog să le dezmințiți și să încunoștințați pe prietenii dv. că eu nu doresc nici un post la Monetărie și nu intenționez să ocup locul domnului Hore, dacă mi se va propune aceasta". După 15 zile, la 29 martie 1696, Montague l-a anunțat pe Newton despre mutarea sa oficială ca păstrător al Monetăriei. „Acesta este postul principal la Monetărie, cu un salariu de 500—600 lire sterline pe an, și nu vă va lua mai mult timp, decît puteți dv. să-i consacrați" scria Montague.

Făcîndu-i această propunere, pe lîngă faptul că-i acorda un post bun, Montague mai avea în vedere, probabil, și cunoștințele lui Newton în domeniul metalurgiei și al chimiei, ceea ce era important pentru realizarea unei mari reforme financiare (rebaterea monedei).

Newton se mută la Londra. Activitatea administrativă și practică destul de încărcată îl distrage de la activitatea științifică. Onorurile încep să-l copleșească din momentul în care a fost remarcat la palat. În 1699 Newton capătă titlul de director general al Monetăriei *(Master of Mint)*, cu un salariu și mai mare și renunță la veniturile ce-i aducea catedra de la Cambridge, pe care a încredințat-o lui Wheatstone. În 1701 el renunță definitiv la catedra „Lucas". În 1697 el primește prin Cassini o propunere de pensie din partea regelui Franței, pe care o refuză; în 1699

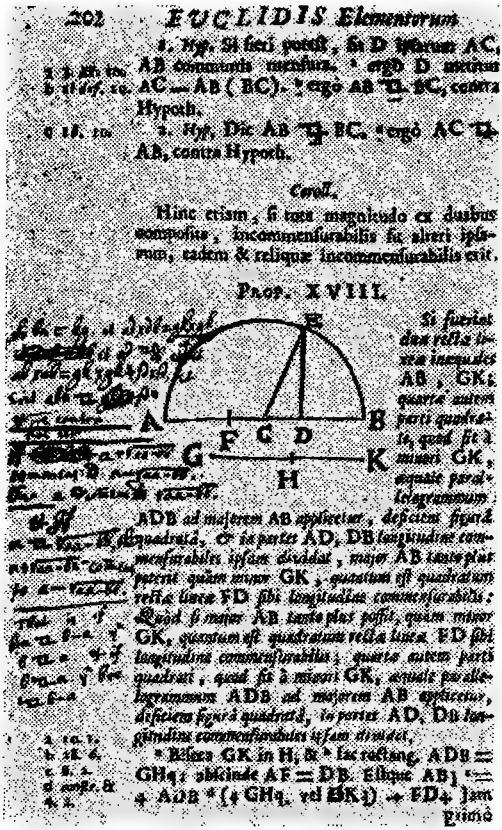
este ales membru al Academiei de Ştiinţe de la Paris. În 1703 Newton devine preşedintele Societăţii regale, rămînînd în această funcţie pînă la sfîrşitul vieţii. În 1705 regina Anna îi acordă titlul de noblеţă, el devine „sir Isaac", participă la diferitele comisii parlamentare şi ministeriale, este primit la palat, devine filozoful salonului principesei de Wales. Celebra dispută între Newton şi Leibniz stîrneşte interesul regelui şi al curţii.

Acestea sînt împrejurările exterioare ale vieţii lui Newton în ultimii treizeci de ani.

CERCETĂRILE MATEMATICE ALE LUI NEWTON. DISPUTA CU LEIBNIZ

Talentul pentru matematici, ca și cel muzical, este adeseori înnăscut, se manifestă de timpuriu și determină organic structura intelectuală a omului respectiv. Newton era un matematician înnăscut. „Pentru a învăța matematicile — spunea Fontenelle în 1727, în panegiricul pe care i l-a închinat, — Newton nu l-a studiat pe Euclid, care i se părea prea clar, prea simplu și nemeritînd să-și piardă timpul cu el; îl cunoștea într-un anumit sens înainte de a-l citi; o singură privire asupra textului teoremelor genera instantaneu și demonstrația. El a trecut dintr-o dată la cărți ca *Geometria* lui Descartes și *Optica* lui Kepler. Lui Newton i s-ar putea aplica ceea ce a spus Luchian despre Nil, ale cărui izvoare nu erau cunoscute de antici: „Omului nu-i este permis să vadă Nilul slab și cum se naște". În această frază pompoasă a secolului al XVIII-lea sînt, desigur, exagerări și chiar greșeli. Tocmai geometria euclidiană, metoda geometrică clasică a anticilor, a fost instrumentul principal al cercetărilor matematice ale lui Newton; el gîndea geometric, iar pe marginile exemplarului de geometrie a lui Descartes s-a păstrat o notă manuscrisă a lui Newton: „Aceasta nu este geometrie". Recent s-a descoperit un Euclid care aparținuse lui Newton ale cărui margini sînt acoperite de note și desene ale lui.

Orientarea gîndirii matematice a lui Newton a fost determinată, fără îndoială, de Barrow — profesorul


202 EUCLIDIS Elementorum

PROP. XVIII.

Pagină din Elementele *lui Euclid, aparținînd lui Newton, cu însemnările sale pe margine.*

său; acesta a fost predecesorul său nemijlocit în metoda fluxiunilor. *Cursurile de geometrie* ale lui I. Barrow, la redactarea cărora a participat Newton, ca și *Cursurile de optică*, îți amintesc în multe privințe pe marele discipol al lui I. Barrow. Este interesant de remarcat, că pentru Barrow curbele geometrice sînt în fond cinematice, deoarece variațiile exprimate de ele sînt tratate ca funcții ale timpului. Cursul de introducere al lui Barrow este consacrat noțiunii de timp. „Timpul, după Barrow, este permanența unui lucru în existența lui", și este „o cantitate absolută". La întrebarea, dacă timpul a existat înaintea lucrurilor și dacă se poate vorbi de timp acolo unde nu există nimic, Barrow răspunde afirmativ, la fel ca și în privința spațiului. „Timpul — scrie el — nu este existența actuală, ci posibilitatea unei existențe permanente durabile, tot așa cum spațiul înseamnă capacitatea de existență a mărimii". Recunoaștem în aceste cuvinte primele contururi ale definițiilor newtoniene ale spațiului și timpului din *Principii*.

More a publicat recent o scrisoare necunoscută a lui Newton, foarte importantă pentru a înțelege originea orientării matematice a gîndirii sale: „Sugestia pentru această metodă (metoda fluxiunilor) am căpătat-o din

modul cum trăgea Fermat tangentele: aplicînd acest mod la ecuațiile abstracte, direct și invers, l-am generalizat. Mr. Gregory și dr. Barrow au aplicat și au îmbunătățit această metodă de a trage tangentele. Un articol al meu i-a oferit ocazia doctorului Barrow de a-mi arăta metoda sa a tangentelor, înainte de a o include în lecția a 10-a de geometrie. Căci eu sînt acel prieten care e amintit acolo." Din scrisoare reiese astfel, neîndoios, influența lucrărilor lui Fermat atît asupra lui Barrow, cît și asupra lui Newton. O mare însemnătate au avut pentru amîndoi și lucrările lui John Wallis, strînse în volumul *Aritmetica universală sau noua metodă de cercetare a cvadraturii liniilor curbe* (1665).

Toate lucrările matematice principale ale lui Newton au fost realizate pînă la acea perioadă de cotitură, din ultimul deceniu al secolului al XVII-lea, despre care am vorbit în capitolul precedent, însă au fost publicate abia după mutarea sa la Londra. Publicarea lucrărilor matematice ale lui Newton a fost determinată, aproape în toate cazurile, în special de disputa asupra priorității cu Leibniz. Această împrejurare este extrem de semnificativă. Reiese clar că activitatea matematică avea pentru Newton o importanță auxiliară, ca instrument în cercetările sale de fizică.

S-a spus mai sus, că în perioada creării *Principiilor*, Newton se autointitula cu plăcere „matematician". Totodată credem că scopul său principal era de a delimita fizica principiilor de fizica ipotezelor. Sub aspectul său formal, fizica principiilor seamănă cu geometria și are o structură pur matematică; fizica ipotezelor, cel puțin în epoca lui Newton (Descartes, Hooke), era foarte departe de a avea o structură matematică și abia Huyghens a făcut, în al său *Tratat despre lumină*, prima încercare de prelucrare matematică a ipotezei (ipoteza ondulatorie). În mîinile lui Newton matematica a fost un mijloc puternic de cercetare sintetică a naturii. Este semnificativ, că însăși terminologia noului calcul al infiniților mici, introdusă de Newton — „fluxiune", „fluentă" (de la cuvîntul — curgător), „moment" — a fost împrumutată din imagi-

nile mecanicii și este în acest sens mult mai concretă decît „diferențialele" și „integralele" lui Leibniz. Este de asemenea semnificativ că în a sa *Aritmetică universală (Arithmetica universalis)*, explicînd textul, Newton pune uneori probleme pur fizice. Una din ele a intrat în toate manualele de probleme de fizică, deși originea ei este cunoscută de foarte puțini: „O piatră cade într-un puț; să se determine adîncimea puțului după sunetul care se naște în urma izbirii pietrei de fund".

Rolul practic funcțional pe care îl avea matematica la Newton, nu scade, bineînțeles, din însemnătatea marilor sale descoperiri în acest domeniu. Cerințe noi ale fizicii impuneau matematicii metode noi. Analiza infiniților mici a fost absolut necesară pentru rezolvarea problemelor mecanicii noi. Fizica și matematica se ajutau întotdeauna una pe alta și dezvoltarea lor este adeseori inseparabilă. Uneori fizica depășea matematica, punîndu-i probleme noi; alteori, dimpotrivă, în cadrul matematicii luau naștere ramuri noi. Fizica le folosea în unele cazuri mult mai tîrziu, după apariția lor. Astfel, în secolul al XIX-lea, paralel cu teoria cîmpului electromagnetic, se dezvoltă analiza vectorială și teoria cuaternionilor; în epoca noastră, în legătură cu teoria relativității, au căpătat stimulenți pentru o dezvoltare continuă calculul tensorial și geometria neeuclidiană. O serie de probleme ale opticii, ale teoriei gazelor etc. impun neapărat dezvoltarea teoriei ecuațiilor integrale. Pentru interpretarea fenomenelor cuantice se aplică teoria matematică a grupurilor etc. Actualmente munca s-a diferențiat. Fizicienii pun probleme, iar matematicienii dau metode pentru rezolvarea lor. Newton făcea, concomitent, și una și alta.

Descoperirea calculului infiniților mici constituie, indiscutabil, un fapt dintre cele mai importante din istoria matematicii și a gîndirii umane în genere. Metoda clasică a lui Euclid, Arhimede, Apolloniu și a altor geometri ai antichității dă posibilitatea de a stabili corelații cantitative între diferite mărimi variabile, în unele cazuri chiar foarte complicate. Metodele de rezolvare sînt însă diferite, aproape pentru fiecare problemă; numai geometrii geniali, ca Arhimede,

Newton, Poinsot, cu inventivitatea lor inepuizabilă, au putut aplica sistematic metoda geometrică. Marea operă a lui Descartes — crearea geometriei analitice — a aruncat o punte între algebră și geometrie; aceeași corelație a putut fi, cu ajutorul metodei coordonatelor, prezentată analitic (sub formă de formulă) sau geometric. Pentru rezolvarea problemelor de geometrie s-a deschis o nouă cale și viceversa: problemele de geometrie puteau fi reduse la probleme analitice. Rămînea însă o singură dificultate.

O figură curbă se deosebește de o figură mărginită de linii drepte prin faptul că direcția liniei care o mărginește se schimbă permanent și neîntrerupt: o înaintare infinit mică pe curbă este însoțită și de o schimbare infinit mică a direcției. Pe asemenea curbe neîntrerupte se produc multe schimbări în natură: planetele descriu elipse, corpurile în rotație — cercuri, corpurile în cădere — parabole etc.; un fir greu, atîrnat de ambele capete, atîrnă pe o așa-zisă linie în lanț. Dacă reprezentăm grafic, cu ajutorul sistemului coordonatelor, legătura între fenomenele naturale, vom obține de asemenea linii curbe care se modifică mereu. Reprezentînd, de pildă, legătura între volumul și presiunea gazului după legea lui Boyle-Mariotte, obținem o hiperbolă; fenomenele optice de difracție sînt reprezentate de o spirală (spirala lui Cornu) etc. Dependența rectilinie este un caz rar în natură și de aceea studierea însușirilor liniilor curbe a devenit de multă vreme o problemă arzătoare a științei. Aplicarea metodelor matematice ale antichității la liniile curbe a fost însă întotdeauna dificilă. Arhimede a putut învinge această dificultate în unele cazuri. Primele metode, destul de generale, de trasare a tangentelor, care determină direcția curbei în fiecare punct, au fost propuse în prima jumătate și la mijlocul secolului al XVII-lea de către Descartes, Fermat, Pascal, Wallis, Barrow și alții. Aceste metode aveau însă destule deficiențe. Ele nu numai că nu s-au extins asupra curbelor transcendente, dar și în ce privește curbele algebrice nu puteau fi aplicate în toate cazurile. Deficiența lor principală consta în tratarea pur geometrică a chestiunii.

Trebuia găsită o metodă analitică, care să înlocuiască reprezentarea geometrică a tangentei. Această problemă a caracterizării analitice a schimbărilor infinit mici ale curbelor (sau, în termeni mai generali, a funcțiilor) a fost rezolvată de Newton probabil încă în 1660—1670 și ulterior — probabil cu totul independent de el — de către Leibniz. Desenul care reprezintă o curbă, raportată la anumite axe ale coordonatelor, arată în același timp în mod concret suprafața închisă de curba dată sau de o parte a ei. De aceasta este legată a doua problemă de bază a analizei — găsirea expresiei acestor suprafețe, dacă se dă ecuația curbei (a cvadraturii sau calculul integral).

În 1669 Newton a transmis lui Barrow spre examinare memoriul intitulat *De analysi per aequationes numero terminorum infinitas* (Despre analiză prin ecuațiile seriilor infinite); obiectul său principal îl constituie cvadraturile. Newton calculează suprafața descrisă de curbă, exprimată prin ecuația:

$$y = a\,x\,\frac{m}{n} \tag{6}$$

și află pentru suprafață expresia:

$$\frac{a \cdot n}{m+n}\,x\,\frac{m+n}{n}$$

Cvadratura curbelor compuse este redusă de către Newton la cvadratura componentelor; se arată metodele prelucrării prealabile a ecuațiilor curbelor compuse prin descompunerea fracțiilor și rădăcinilor în serii de puteri etc. Trimițînd lui Collins spre luare de cunoștință memoriul lui Newton, Barrow îl recomandă ca un *magister* încă foarte tînăr, însă extrem de dotat. Această operă a fost editată cu acordul lui Newton abia în 1711, de către Jones, în legătură cu polemica între el și Leibniz; din ea lipsesc încă urmele metodei fluxiunilor. Aceasta din urmă a fost expusă într-o altă operă, publicată abia după moartea sa, de către John Colson, în 1736, sub titlul *Metoda fluxiunilor și seriile infinite (The method of fluxions and*

infinite series); în operele complete ale lui Newton, aceeași lucrare apare sub titlul *Geometria analitică (Geometria analytica)*. El denumește „fluenți", mărimile variabile care intră în ecuații. Viteza de variație a creșterii fluenților, adică raportul dintre creșterea infinit mică a unui fluent și creșterea infinit mică corespunzătoare a unui alt fluent, Newton o numește fluxiune. Creșterea infinit mică a fluentului (în terminologia unanim admisă a lui Leibniz — diferențial) o desemnează cu simbolul $o \cdot x$, iar fluxiunea cu x. În tratatul arătat mai sus, Newton expune întîi teoria descompunerii funcțiilor în serii și apoi trece la problema principală a calculului fluxiunilor: găsirea raporturilor fluxiunilor, dacă este dată corelația între fluenți. El expune de asemenea metoda de calcul a raportului fluxiunilor; apoi este analizată a doua problemă principală a analizei infinițiilor mici; din raportul dat dintre fluxiuni, să se găsească raportul dintre fluenți (problemă de calcul integral). Paralel cu aceasta se rezolvă o serie de probleme foarte importante ale analizei: rezolvarea ecuațiilor diferențiale cele mai simple, determinarea minimului și maximului funcțiunilor, găsirea tangentelor și substanțelor, determinarea curburii și punctelor de inflexiune ale curbelor, calcularea suprafețelor închise prin curbe și a lungimilor secțiunilor curbelor.

Această enumerare nu spune aproape nimic cititorului care nu cunoaște elementele de bază ale analizei, însă acei care le cunosc se vor convinge, din această enumerare, că cel puțin în liniile sale fundamentale calculul diferențial a fost expus în tratatul lui Newton. Acest tratat, după cum am mai spus, a fost publicat abia după moartea sa, iar editorul s-a folosit de cîteva manuscrise neterminate. Din acest punct de vedere, tratatul pierde mult în ochii unui judecător scrupulos, în ceea ce privește proba juridică a drepturilor sale de prioritate.

Newton cunoștea valoarea marii sale descoperiri și în parte și-a întărit drepturile prin scrisoarea către Collins din 1672. Precum am mai spus, Collins se afla în miezul schimbului de corespondență științifică între

matematicienii englezi și cei din străinătate. Newton i-a comunicat descoperirea sa într-o formă generală, fără a-i arăta metoda însăși, lămurind-o doar prin cîteva exemple. Această scrisoare a servit mai tîrziu ca punct de sprijin în disputa lui cu Leibniz.

În legătură cu aceasta va trebui să expunem pe scurt peripețiile acestei lungi și supărătoare dispute. Scrisoarea către Collins a fost expediată în decembrie 1672. La începutul anului 1673 Leibniz a petrecut cîteva luni la Londra și venea adeseori la secretarul Societății regale — Oldenburg, care era, într-o anumită măsură, la curent cu lucrările matematice ale lui Newton. Din Londra Leibniz a plecat la Paris, unde, împreună cu Huyghens, s-a ocupat intens cu matematica. În 1674 Oldenburg i-a comunicat lui Leibniz despre existența unei noi metode generale a lui Newton, fără a expune însă esența acestei metode. În 1676 Leibniz a fost din nou, în trecere, în Anglia și l-a cunoscut personal pe Collins. Ulterior, în toiul disputei, apărătorii drepturilor lui Newton au arătat că Leibniz a putut afla, cu această ocazie, conținutul lucrărilor acestuia, din manuscrisele care se păstrau la Collins. În 1676, prin intermediul lui Oldenburg, Newton îi scrie lui Leibniz o scrisoare în care îi comunică multe lucruri noi despre dezvoltarea în serie și celebrul binom (fără demonstrație), despre metoda infiniților mici însă nu se amintește în scrisoare. Abia în scrisoarea următoare către Oldenburg, din 24 octombrie 1676, el vorbește despre noua metodă. Arătînd rezultatele obținute cu această metodă, exemple de aplicarea ei, el comunică esența metodei prin următorul rînd cifrat:

6aeccdae 13eff 7i 31 9n 40 4qrr 4s 9t 12vx;

Coeficienții numerici puși înaintea literelor arată de cîte ori litera respectivă se repetă în textul frazei cifrate. Știind că fraza este scrisă în latină, cunoscînd bine această limbă, ea poate fi descifrată. Dar cu aceasta nu se lămurește nimic. Fraza aceasta descifrată a fost publicată în *Principii*. Iată textul ei:

„Data aequatione quotcunque fluentes quantitates involvente fluxiones invenire et vice versa" (Se dă o ecuație, care cuprinde în ea fluenți, să se găsească fluxiunile și vice-versa). Din această frază a fost însă imposibil să se înțeleagă esența descoperirii. Expunerea detaliată a metodei este camuflată de un cifru mai complicat. Leibniz parează ghicitorile lui Newton în scrisoarea din 21 iunie 1677, printr-o expunere destul de clară a bazelor calculului diferențial, care se deosebește în esență de metoda fluxiunilor numai prin simbolurile sale. Cu aceasta corespondența s-a încheiat. Studiul îndelungat al problemei i-a adus pe istoricii matematicii la o concluzie unanimă: bazele analizei infiniților mici au fost descoperite de Newton și Leibniz, independent unul de altul, și, fără îndoială, că descoperirea lui Newton a fost făcută cu cîțiva ani înainte.

Unii istorici îi reproșează lui Newton cifrul din scrisoarea sa către Leibniz, opunîndu-i expunerea deschisă și clară a metodei făcută de acesta în răspunsul său. Reproșul nu este tocmai întemeiat. Obiceiul de a ascunde rezultatele încă incomplete ale muncii științifice sub forma de anagrame sau cifruri a fost răspîndit în vremurile vechi și s-a păstrat, într-o formă întrucîtva modificată, și astăzi. Scopul direct urmărit prin aceasta era de a preîntîmpina paralelismul în lucrările științifice și de a păstra pentru autor drepturile sale de întîietate. După ce Newton a expus clar domeniul asupra căruia se extinde metoda sa și rezultatele principale ale aplicării ei, lui Leibniz nu-i rămînea, bineînțeles, nimic altceva decît să-i arate deschis că și el, cu totul independent, a ajuns la aceeași metodă și, cu tot cifrul lui Newton, se impunea ca metoda însăși să fie expusă. Ambii savanți au expus în corespondență numai ceea ce au fost nevoiți să expună și de aceea nu e justificată opunerea rezervei lui Newton cavalerismului lui Leibniz.

În 1684 apare în revistă *Acta Eruditorum* (Faptele eruditilor) din Lipsca primul memoriu al lui Leibniz consacrat calculului diferențial; cu această ocazie el a comis o gafă tactică de neînțeles, omițînd cu totul

numele lui Newton. Greșeala a fost reparată în al doilea memoriu, în care sînt expuse principiile calculului integral. Enumerînd un șir lung de nume ale predecesorilor, care au pregătit terenul pentru crearea analizei infiniților mici, Leibniz îl citează și pe Newton. „Newton a ajuns la descoperirea cvadraturilor cu ajutorul seriilor infinite, nu numai cu totul independent, dar a completat în genere metoda în așa măsură, că publicarea lucrărilor sale, nerealizată pînă acum, ar fi însemnat fără îndoială un imbold pentru noi succese mari în știință ". Această frază dădea o imagine vagă despre realizările lui Newton. În anul următor, în prima ediție a *Principiilor*, acesta vorbește într-un chip cu totul obiectiv despre lucrările lui Leibniz.

În celebrele *Învățăminte* din cartea a doua a *Principiilor*, Newton scrie următoarele despre metoda fluxiunilor: „În scrisorile, pe care le-am schimbat acum zece ani cu matematicianul foarte iscusit G.Leibniz, i-am comunicat că posed metoda de a determina maximurile și minimurile, trasarea tangentelor și rezolvarea chestiunilor similare, aplicabile atît la numere raționale cît și iraționale, iar metoda am ascuns-o intervertind literele frazei care urmează: «dacă ni se dă o ecuație care conține orice număr de fluenți, să se găsească fluxiunile și vice-versa». Celebrul savant mi-a răspuns că și el a ajuns la o asemenea metodă și mi-a comunicat metoda sa, care se deosebește prea puțin de metoda mea, și aceasta numai prin termeni și reprezentarea formulelor".

Este firesc să punem întrebarea, extrem de importantă pentru înțelegerea caracterului lui Newton: de ce n-a publicat el la timp metoda sa ? Întrebarea aceasta rămîne și azi o mare enigmă psihologică. Avem toate motivele să presupunem că matematica, după cum am mai spus, avea pentru el un rol auxiliar în cercetările de fizică. Elaborarea definitivă a memoriului despre metoda fluxiunilor în 1671 (sau în jurul acestei date) a fost împiedicată de vastele cercetări experimentale începute în domeniul opticii ; Newton a lăsat de o parte noua metodă, pe care o considera mai puțin importantă în comparație cu domeniul de experiență ce i s-a deschis,

neavînd timp să-și termine lucrarea de matematică. Către sfîrșitul cercetărilor în domeniul luminii (1675 — 1676), a început sus-amintita corespondență între Leibniz și Newton, din care acesta din urmă s-a convins că metoda lui a fost descoperită de altul. El și-a întărit drepturile în scrisoarea citată către Leibniz, și publicarea noii metode și-a pierdut acuitatea — metoda a devenit cunoscută și trebuia doar garantată prioritatea. Mulțumindu-se cu aceasta, Newton a trecut la realizarea unor planuri vaste în domeniul mecanicii. De ce n-a aplicat el în *Principii*, în latura lor matematică, noua metodă? Despre aceasta am vorbit cînd am analizat *Principiile*. A scrie *Principiile* într-un limbaj matematic nou, însemna să le facă de neînțeles pentru contemporani, însemna să se antreneze în noi dispute inevitabile de natură pur matematică. Pînă și un matematician ca Huyghens îi scria lui Leibniz, în 1682, că el nu înțelege avantajul calculului diferențial în comparație cu vechile metode. Latura matematică a *Principiilor* avea pentru Newton o importanță secundară în comparație cu latura lor fizică. El a urmat din nou linia rezistenței celei mai mici, mărginindu-se la o simplă mențiune a existenței metodei fluxiunilor și la rezolvarea cîtorva probleme. După publicarea *Principiilor*, la ordinea de zi s-a pus iarăși o importantă problemă de fizică: studiul detaliat al mișcării Lunii. Timpul îi lipsește iarăși și, din nou, fizica și astronomia ocupă primul loc în preocupările sale, în raport cu matematica. Aceasta este una din explicațiile posibile pentru care Newton nu și-a tipărit *Metoda fluxiunilor* pînă în ultimul deceniu al secolului al XVII-lea. Uriașa operă, care nu i-a lăsat timp liber pentru publicarea lucrărilor, s-a terminat, precum știm, cu un surmenaj intelectual și cu o boală psihică, după care atît caracterul cît și proporțiile activității lui Newton s-au schimbat radical. Funcția administrativă, legată de o muncă atît de depărtată de știință, viața zgomotoasă a Londrei, participarea activă la lucrările Societății regale, toate acestea îl împiedicau, bineînțeles, de la continuarea cercetărilor sistematice.

Geniul matematic era încă viguros, bătrînul leu își arăta din cînd în cînd colții. În 1697 Johann Bernoulli a lansat o provocare geometrilor; el le-a propus să rezolve problema curbei, pe care un corp trece de la un punct la altul numai sub acțiunea forței de gravitație. Newton a rezolvat problema în cîteva ore. Citind rezolvarea ei neiscălită în *Philosophical Transactions*, Bernoulli a ghicit imediat autorul, „tamquam ex ungue leonem" (ca pe un leu, care-și lasă urmele ghearelor).

În perioada 1690—1700 noua analiză, așa cum a fost formulată de Leibniz, a început să se răspîndească repede. Întîi Iacob Bernoulli, apoi fratele lui — Johann au obținut succese uimitoare cu noul calcul. În Franța, marchizul L'Hopital a publicat în 1693 primul curs detaliat de calcul diferențial. Noua metodă a fost adoptată de matematicienii din Europa și era, firește, legată numai de numele lui Leibniz, care a dat analizei forme și metode comode și elegante. Presimțind parcă lupta inevitabilă pentru prioritate, Leibniz s-a adresat în 1693 lui Newton cu propunerea de a reîncepe corespondența. Răspunsul acestuia a fost amical și calm. „Wallis al nostru, — scrie Newton — a adăugat la *Algebra* sa unele din scrisori, apărute acum, pe care ți le-am scris la timpul său[1]. El mi-a cerut, cu această ocazie, să expun deschis acea metodă, pe care am ascuns-o pe vremea aceea față de tine, prin intervertirea literelor; am făcut-o cum am putut mai concis. Sper că n-am scris nimic care să-ți facă vreo neplăcere, iar dacă s-a întîmplat așa ceva, te rog să-mi comunici, pentru că prietenii îmi sînt mai scumpi decît descoperirile matematice". Cu aceasta însă, corespondența s-a întrerupt.

Trebuie subliniat calmul și seninătatea lui Newton în ceea ce privește drepturile sale pe vremea aceea. Marșul triumfal al noului calcul sub denumirea de calculul diferențial al lui Leibniz începe însă să neliniștească mîndria națională a patrioților englezi. În 1695

[1] Scrisoarea e scrisă în latină, care nu cunoaște forma „dv".

bătrînul Wallis scrie lui Newton o scrisoare semnificativă: „Nu aveți grija cuvenită pentru onoarea dv. și a națiunii, reținînd atît de multă vreme prețioasele dv. descoperiri". Însă nici astfel de provocări nu-l influențau pe Newton: el continua să tacă. Provocatorul nemijlocit al disputei sale cu Leibniz a fost matematicianul genovez Fatio de Duillier, care s-a mutat la Londra. Supărat pe Leibniz din diverse motive, Fatio a publicat în 1699 o carte mică, în care, printre altele, a subliniat nu numai faptul că Newton a descoperit primul noua metodă, dar a făcut și o aluzie ușoară asupra eventualității unui plagiat din partea lui Leibniz. Acesta a primit cu calm acuzația și a declarat că nu are nici o intenție să se angajeze într-o controversă asupra priorității: el are pentru Newton un profund respect și este convins că acesta nu aprobă cele scrise de Fatio.

Controversa s-a reaprins cu prilejul apariției *Opticii* lui Newton în 1704. La prima ediție a *Opticii* el a anexat două tratate: *De quadratura curvarum* (Despre cvadratura curbelor) și *Enumeratio linearum tertii ordinis* (Enumerarea liniilor de ordinul al treilea). Aceste memorii sînt legate de *Optică* numai prin legături pur exterioare și au fost omise în edițiile următoare; apariția lor este, fără îndoială, legată de disputele începute, precum se arată de altfel în prefață. În primul tratat Newton prezintă, în sfîrșit, mult așteptata expunere tipărită a metodei fluxiunilor și o aplică la cvadraturi. Ambele memorii, în partea lor principală, au fost scrise, fără îndoială, în anii 1670—1680. Într-o recenzie anonimă a *Opticii*, scrisă probabil de Leibniz în *Acta Eruditorum*, pe lîngă toate laudele la adresa lui Newton, recenzentul interpretează concluziile acestuia în termenii calculului diferențial al lui Leibniz. După cum a spus-o ulterior, Newton a înțeles această recenzie ca o acuzație directă de plagiat. Controversa a început; unul din discipolii cei mai fervenți ai savantului, John Keil, a întors argumentația recenzentului și, în memoriul său *Despre legea forțelor centrale* din 1708, a introdus următorul pasaj: „Toate acestea decurg din

metoda fluxiunilor, atît de celebră astăzi, care a fost inventată pentru prima oară, fără îndoială, de sir Isaac Newton, lucru de care se poate convinge cu ușurință oricine va citi scrisorile sale, publicate de Wallis. Același calcul a fost dat publicității mai tîrziu de Leibniz în *Acta Eruditorum*, în care el a modificat numai denumirea, forma și modul de notație". În calitate de membru al Societății regale, Leibniz s-a adresat secretarului acesteia cu o plîngere împotriva lui Keil. Însă acuzațiile de plagiat împotriva lui Leibniz au început să se facă auzite tot mai precis. Societatea a ales o comisie specială pentru a cerceta diferendul Leibniz-Keil. Majoritatea comisiei se compunea din adepții și discipolii lui Newton. Pe la mijlocul anului 1713 a apărut un volum cuprinzînd rezultatele lucrărilor comisiei, intitulată: *Commercium epistolicum D. Johanius Collins et aliorum de analysi promota* (Corespondența lui D. J. Collins și a altora despre noua analiză). În volum se află corespondența pe care o cunoaștem și hotărîrea motivată a comisiei care se termină cu următoarea frază: „Din aceste motive, noi îl considerăm pe Newton drept cel dintîi inventator și credem că, afirmînd aceasta, Keil n-a comis nimic nedrept față de Leibniz". *Corespondența* a apărut în a doua ediție în 1722 și a fost editată apoi și în Franța.

Nu intenționăm să expunem complicatele peripeții ale acestei controverse inutile, care a otrăvit ultimii ani ai vieții lui Newton ca și ai lui Leibniz. Acesta a răspuns la *Corespondență* printr-o foaie anonimă, în care se aruncau lui Newton o serie de reproșuri; se reamintea polemica lui Newton cu Hooke, însușirea de către el a observațiilor astronomice ale lui Flamsteed etc. În controversă au fost antrenați toți elevii lui Newton — Keil, Cotes Taylor și alții. Pînă la 1714 Newton personal a căutat să rămînă în umbră, mai tîrziu însă a fost nevoit să ducă polemica și în numele său. De această controversă, ca de o distracție sportivă, s-a interesat și palatul, s-au căutat diferiți intermediari împăciuitori care au aținat și mai mult pasiunile. Controversa nu s-a încheiat nici cu moartea lui

Leibniz în 1716, luînd caracterul unei lupte științifice în noul domeniu al matematicii. Puterile lui Newton slăbeau, discipolii erau mult inferiori profesorului și adeseori sufereau înfrîngeri. Newton a murit neîmpăcat. În 1717, în notele la *Istoria calculului fluxiunilor* a lui Joseph Rafson, el scria: „Că Leibniz a împrumutat metoda sau a inventat-o singur nu are o importanță absolută, căci al doilea inventator nu are drepturi". Din ediția a treia a *Principiilor* editată de Pemberton, Newton a eliminat și acel celebru *Învățămînt* pe care l-am citat mai sus și în care se relevau meritele lui Leibniz. *Învățămîntul* a fost înlocuit cu un alt pasaj în care se reproduce conținutul scrisorii către Collins.

Actualmente pasiunile s-au potolit. Istoricii englezi au apreciat meritele lui Leibniz și istoricii germani, cel puțin din perioada dinainte de Hitler, au recunoscut prioritatea lui Newton. Controversa rămîne un fapt lipsit de sens, care a consumat ultimele puteri a doi oameni geniali. Ei înșiși n-au dorit această controversă și au fost antrenați în ea de un șir de întîmplări.

Marea descoperire a lui Newton-Leibniz — analiza infiniților mici — continuă să se dezvolte neîncetat și în zilele noastre. Aceasta este forma matematică principală a științelor naturii și a tehnicii moderne și este imposibil să enumerăm rezultatele binefăcătoare pe care analiza le-a adus în domeniul teoriei și al tehnicii. În simbolurile ecuațiilor diferențiale și integrale și ale așa-zisului calcul al variațiilor și-au găsit expresia principiile cele mai generale ale fizicii. Ideea abstractă a continuității proceselor și fenomenelor naturale, care se află la baza analizei infiniților mici, s-a arătat, dacă nu absolut justă, în orice caz extrem de fecundă. Fizica nouă a renunțat, în unele puncte, la ideea continuității; în știința modernă a pătruns adînc ideea atomizării, a salturilor, a discontinuității. Se atomizează masa, sarcina electrică, energia, acțiunea; ecuațiile diferențiale clasice capătă un sens statistic și se presupun juste numai pentru valoarea medie a unui număr mare de procese elementare izolate. Dar chiar în acest cadru limitat, princi-

piile analizei infiniților mici își păstrează toată importanța.

Opera matematică a lui Newton nu se limitează numai la descoperirea calculului fluxiunilor. Celebra teoremă a binomului, metoda rezolvării aproximative a ecuațiilor, o serie întreagă de teoreme geometrice remarcabile din *Principii*, un tratat elegant despre curbe de ordinul al treilea, îl așază pe Newton chiar fără descoperirea analizei, în rîndul matematicienilor de frunte ai epocii lui. Lectura *Aritmeticii universale* a lui Newton, care reprezintă cursurile sale la Cambridge și a *Calculului curbelor de ordinul al treilea*, face o plăcere și astăzi oricărui geometru și amator de matematică.

Trebuie însă să relevăm încă o dată, că toate cercetările matematice ale lui Newton au fost efectuate în perioada 1690—1700. După mutarea la Londra, în 1695, se încheie activitatea sa creatoare adevărată; din acel moment, cu ajutorul elevilor și colaboratorilor săi, el nu face decît bilanțul acestei perioade creatoare.

NEWTON LA LONDRA. MONETĂRIA. NEWTON PARLAMENTAR. SOCIETATEA REGALĂ. NEWTON ȘI FLAMSTEED. A DOUA EDIȚIE A *PRINCIPIILOR*. NEWTON ȘI COTES 1696—1713

Cu toate asigurările lui Montague, postul de păstrător al Monetăriei în ultimul deceniu al secolului al XVII-lea, cînd a fost încredințat lui Newton, n-a fost de loc o sinecură. Ajungînd la conducerea politicii financiare a Angliei, Montague a reușit, prin diverse măsuri, nu numai să pună ordine în finanțele engleze, dar să o aducă pe calea prosperității, dîndu-i posibilitatea de a deveni țara cea mai bogată și centrul capitalismului european în dezvoltare.

La sfîrșitul secolului al XVII-lea Anglia a fost literalmente inundată de monede false și cu lipsuri la greutate: această situație s-a datorat, într-o anumită măsură, tehnicii primitive de batere a monedei. Metalul se tăia cu foarfeca, bucățile erau rotunjite cu ciocane de mînă, iar steaua era de asemenea bătută manual. Cu asemenea metode de lucru erau inevitabile abaterile de la greutatea legală a monedei, însă multă vreme nu s-a dat vreo atenție acestui fapt. Ca urmare tăierea monedelor pe margine a devenit un mijloc foarte răspîndit și comod de îmbogățire și o sursă de escrocherii. Cu toate că tăietorii, ca și falsificatorii de monede, erau pedepsiți cu spînzurătoarea, în țară circulau coroane și shillingi de argint cu greutate incompletă și cu marginea tăiată.

În cele din urmă, la Tower a fost instalată o mașină de ștanțat, acționată de un cal. Monedele bătute la această mașină aveau, spre deosebire de cele vechi,

o formă regulată, pe margine o inscripție, iar tăierea lor devenise imposibilă. Macaulay în *Istoria Angliei* descrie astfel situația creată după punerea în funcțiune a mașinii: „Financiarii de atunci așteptau, pare-se, ca noua monedă, foarte bună, să scoată repede din circulație vechea monedă proastă. Însă orice om inteligent ar fi trebuit să-și dea seama că dacă tezaurul acceptă ca echivalente moneda cu greutate plină și una ușoară, cea dintîi nu o va scoate din circulație pe cea ușoară, ci ea însăși va fi eliminată de către aceasta din urmă... Oamenii politici de atunci nu s-au gîndit însă la acest lucru simplu. Ei se mirau că publicul, dintr-o prostie de neînțeles, prefera să folosească moneda ușoară în locul celei bune... Caii continuau să alerge la Tower în cercul lor. Căruțele cu monedă bună continuau să iasă una după alta de la Monetărie, însă moneda bună dispărea, ca și înainte, imediat la intrarea în circulație. Ea era retopită în masă, expediată în cantități mari peste graniță sau depozitată în cufere; devenise aproape imposibil să găsești măcar o singură monedă nouă în tejgheaua negustorului sau în portofelul de piele al fermierului care se înapoia de la tîrg"[1].

Montague a hotărît să iasă din acest impas prin rebaterea obligatorie a întregii cantități de monedă în circulație și prin interzicerea circulației legale a monedei tăiate, începînd de la o dată anumită.

Această reformă impunea o creștere considerabilă a producției Monetăriei. În acel moment Newton a obținut postul de păstrător al Monetăriei. După mărturia lui Montague, succesul reformei sale a devenit posibil datorită activității administrative a creatorului *Principiilor* și al *Opticii*.

Newton a trecut la îndeplinirea noii sale funcțiuni în martie; atunci se construiseră la Tower 10 cuptoare pentru retopirea monedelor vechi. În cîteva alte orașe au fost organizate filiale ale Monetăriei; o filială a fost organizată la Chester, în fruntea căreia Newton

[1] Citat după lucrarea lui M. M. Bogoslovski, *Petru I*, vol. II, 1941, p. 371 (în l. rusă).

l-a numit pe prietenul său, astronomul Halley. Trecerea de la vechile norme monetare la cele noi a fost foarte anevoioasă pentru englezi și, după părerea lui Montague, numai talentul organizatoric al lui Newton a scurtat această perioadă grea. Pînă la numirea lui Newton, Monetăria producea săptămînal maximum 15 000 pfunzi de monedă de argint; sub conducerea sa producția a sporit repede de patru ori, iar apoi de opt ori. De altfel și această producție sporită era insuficientă și la începutul anului 1697 în Anglia se resimțea încă lipsa de monedă.

Rebaterea monedei a durat pînă în 1699, cînd, în sfîrșit, reforma a fost încheiată; în același an, probabil ca răsplată pentru meritele sale, Newton a obținut gradul de director *(master)* al Monetăriei, pe care l-a păstrat pînă la sfîrșitul vieții.

Arhiva Monetăriei, pe baza căreia s-ar fi putut reconstitui în mod documentar acest aspect al activității lui Newton, n-a fost încă dată publicității.

La licitația hîrtiilor lui Newton din 1936, menționată la capitolul XI, au fost vîndute trei volume groase *in folio* privind Monetăria. În aceste volume sînt legate în total 529 documente, cu ciorne ale actelor parlamentare întocmite de Newton, cu schițe de referate, proiecte de scrisori cu privire la politica financiară și economică a guvernului, rapoarte, rezultate ale încercărilor de laborator etc. Arhiva care s-a păstrat se referă nu numai la problemele legate de baterea monedei, ea cuprinde, fără îndoială, documente privind chestiuni generale ale comerțului și creditului, importante pentru istorici. Printre ele se află însemnări destul de lungi, care reflectă vastele cunoștințe și punctele de vedere proprii ale lui Newton în probleme financiare și economice. Arhiva conține o documentare detaliată cu privire la rebaterea monedei din 1696—1699.

Dacă în urma licitației arhiva nu s-a risipit, ci a nimerit în mîini sigure, se poate conta că, mai devreme sau mai tîrziu vom avea o prezentare competentă a vastei activități administrative a lui Newton.

Trebuie să adăugăm că destule documente cu privire la aceeași chestiune se află, probabil, și în arhiva oficială, neatinsă încă, a Monetăriei. Actualmente informațiile despre activitatea sa la Monetărie sînt încă foarte restrînse.

Talentul de administrator al lui Newton, care s-a manifestat cu atîta amploare și strălucire și într-un post de o asemenea răspundere, pare cu totul surprinzător la un „filozof", cufundat în permanență în meditații, care uita și de somn și masă. Nu ne putem însă baza în întregime pe amintirile lui Weekins și Humphrey Newton, scrise mulți ani după ce au avut loc faptele relatate. Dacă revenim la scrisoarea lui Newton către Aston, scrisă în 1669 și citată în capitolul II, ni se va părea mai verosimil că această scrisoare a fost scrisă de către viitorul păstrător al Monetăriei, decît de creatorul *Principiilor* și al *Opticii*. Pe de altă parte, să ne amintim că după moartea lui Barrow, în 1677, postul de director la Trinity-College i se oferise lui Newton, că el făcuse parte din delegația în cercetarea cazului lui Alban Francis și că, în fine, pe el îl alesese universitatea ca deputat în parlament. Se pare că aptitudinile administrative se împăcau întotdeauna bine cu năzuințele sale științifice și concentrarea intelectuală.

În noul său post, Newton avea să se lovească de viața orășenească în toată varietatea ei prea puțin plăcută. Pasiunile politice ale epocii au provocat dezordini și agitații printre salariații Monetăriei, mai ales la Chester, unde lucra Halley. Împotriva lui Newton însuși s-au scris denunțuri, s-au făcut încercări de a i se lua postul, oferindu-i-se servicii mai avantajoase; i s-a oferit pînă și mită. Însă, în acea epocă, cînd corupția era extrem de răspîndită, Newton, după informațiile existente, își îndeplinea cu strictețe și cinstit îndatoririle.

Despre activitatea savantului la Monetărie în ultimii 25 de ani ai vieții sale se cunosc foarte puține lucruri. În 1717 și 1718 el a prezentat personal rapoarte Camerei Lorzilor asupra situației baterii monedei. Printre altele, el propusese ca valoarea unei guinee

de aur să fie fixată la 21 shillingi de argint. Această paritate s-a păstrat pînă astăzi.

Funcția de păstrător, apoi de director al Monetăriei, l-a transformat pe modestul profesor de la Cambridge într-un curtean și un înalt demnitar. La Monetărie, Newton s-a întîlnit, probabil în primăvara anului 1698, cu țarul rus Petru I[1]. Din jurnalul de călătorie al soliei ruse în Anglia se vede că, la 13 aprilie, — „deseatnicul (acesta era pseudonimul țarului în jurnal) a fost cu Iacob Bruce la Tower, unde se fac banii". Documente scrise cu privire la întîlnirea dintre Newton și Petru nu se cunosc, însă e puțin probabil ca țarul să fi fost primit de altcineva decît de păstrătorul Monetăriei. La 20 aprilie țarul Petru I a fost din nou la Monetărie, repetîndu-și vizita și la 21 aprilie în ziua plecării din Anglia. În jurnal se menționează: „După masă «deseatnicul» a plecat în oraș, a fost la Tower și a privit unde se fac banii". Să sperăm că noile cercetări arhivistice vor oferi informații mai detaliate despre vizita țarului Petru la Monetărie și despre eventualele sale convorbiri cu Newton. Întîlnirea acestor doi oameni, cei mai remarcabili ai timpului lor, poate fi în orice caz considerată ca un simbol măreț al contactului dintre geniul rus și vîrfurile culturii occidentale.

După ce s-a încheiat perioada încordată a rebaterii monedei și Newton a devenit directorul Monetăriei, vizitele sale la Tower s-au rărit: de obicei el venea acolo cel mult o dată pe săptămînă. Casa unde s-a instalat Newton la Londra se afla departe de Tower, dar în apropierea Tezaurului, la Picadilly, în dosul bisericii Sf. Iacob[2]. În această casă a apărut în curînd o gospodină, nepoata sa, tînăra Katherine Barton, fiica surorii sale vitrege — Anna Smith și a preotului Barton. Frumoasa nepoată a devenit centrul atenției. Admiratorul ei timp de mai mulți ani a fost Montague

[1] Datele ce urmează sînt împrumutate din lucrarea lui M. M. Bogoslovski, menționată mai sus.

[2] Mai tîrziu, în 1710, Newton s-a mutat într-un alt cartier al orașului, în str. Sf. Martin, lîngă Leichester-Square. Casa unde a locuit s-a păstrat pînă în 1915.

și există temeiuri de a crede că ei au fost chiar cununați în secret. În 1717, după moartea lui Montague, Katherine s-a măritat cu John Condwitt, locțiitorul lui Newton la Monetărie, care i-a succedat, după moartea sa, în postul de director. Există o literatură destul de vastă în chestiunea relațiilor între Katherine Barton și Montague. Cercetătorii, care au trecut peste capitolele mari ale activității științifice a lui Newton în domeniul chimiei și opticii, s-au ocupat, călcînd pe urmele lui Voltaire, cu o ardoare deosebită de episodul Montague-Katherine Barton, care are doar o importanță minimă pentru viața și opera lui Newton. Această substituire a istoriei științei prin cronici de scandal contribuie, bineînțeles, foarte puțin la transformarea istoriei științei într-o știință.

Veniturile lui Newton la noul serviciu atingeau, după socoteala lui Villamil, respectabila sumă de circa 2 000 de lire sterline pe an și nu e de mirare că, ținînd seama de felul modest de viață pe care o ducea, el a lăsat o mare moștenire în bani, de aproape 32 000 lire sterline. În comparație cu bugetul de la Cambridge, veniturile lui Newton la Londra au crescut aproximativ de 10 ori.

După ce s-a mutat la Londra Newton n-a mai putut să-și îndeplinească obligațiile de profesor timp de cîțiva ani; de aceea el a fost nevoit să renunțe, în decembrie 1701, la catedră și la calitatea de membru al lui Trinity-College. În urma recomandării sale, catedra Lucas a fost încredințată astronomului Witson. Ținînd seama de gloria și înalta poziție a lui Newton, universitatea l-a ales din nou ca reprezentant al ei în parlament. Noul parlament n-a funcționat decît vreo două luni. El a fost dizolvat după moartea regelui William al III-lea. În noul parlament Newton a păstrat aceeași atitudine taciturnă, ca în cel precedent. Totuși, în alegerile parlamentare din 1705, sub domnia reginei Anna, Newton n-a refuzat să figureze din nou drept candidat al Universității din Cambridge. În conjunctura politică din acea vreme, pentru a putea continua războiul început de William, împotriva Franței pentru succesiunea la tronul Spaniei, regina,

care conta în primul rînd pe sprijinul partidului tory, avea nevoie de sprijinul partidului whigh, căruia îi aparţinea Newton.

În aprilie 1705, Newton a sosit la Cambridge, atît în legătură cu alegerile, cît şi în legătură cu vizita pe care regina Anna urma s-o facă universităţii.

Regina a sosit la Cambridge la 16 aprilie. Vizita ei a fost marcată prin acordarea rangului de noblеţă lui Newton. Trebuie să menţionăm că o asemenea atenţie, considerată ca una din distincţiile regale acordată deseori militarilor, funcţionarilor de stat şi fruntaşilor vieţii sociale, a fost manifestată pentru prima oară faţă de un om de ştiinţă. După relatarea lui L. Moore, ulterior, peste 100 de ani după Newton, o asemenea distincţie în lumea ştiinţifică din Anglia a primit-o chimistul Davy.

Buna dispoziţie a lui sir Isaac după obţinerea titlului de noblеţă a fost însă umbrită de alegerile care au avut loc peste o lună, la 17 mai. Cei doi candidaţi ai partidului whigh, Newton şi Godolfin, au fost înfrînţi cu strigătele: „Biserica e în pericol". Astfel s-a terminat cariera parlamentară a lui Newton.

Societatea regală devenise în mod firesc arena activităţii ştiinţifico-sociale a lui Newton la Londra. La 30 noiembrie 1703, el a fost ales preşedinte al Societăţii, titlu pe care l-a păstrat pînă la sfîrşitul vieţii, adică timp de un sfert de veac. Unul din primele acte ale noului preşedinte a fost oferirea în dar Societăţii a unui nou aparat, inventat de el, pentru aprindere prin captarea razelor solare, constînd într-o combinaţie de şapte lentile. Aparatul a fost prezentat de Newton în cîteva şedinţe ale Societăţii, reuşind să topească metale şi bucăţi de cărămidă roşie. În 1705 a fost ales ca membru al Societăţii prinţul George al Danemarcei. În condiţiile acelei epoci acesta era un eveniment foarte însemnat şi o expresie a bunăvoinţei palatului. La 7 decembrie prinţul a participat la şedinţa Societăţii şi a promis lui Newton să ia asupra sa cheltuielile de editare a unui mare catalog al stelelor, întocmit de Flamsteed în baza observaţiilor făcute la Observatorul din Greenwich, în calitate de „astronom al regelui", Gene-

rozitatea prințului a constituit însă pretextul unei ciocniri violente cu Flamsteed. Trebuie să ne oprim mai detaliat asupra raporturilor dintre Newton și Flamsteed, care au durat peste 50 de ani.

Flamsteed s-a născut în 1646 la Derby și a manifestat din tinerețe un interes viu pentru observații și instrumente astronomice. În 1670 el a făcut cunoștință cu Newton și Barrow. În 1671 el a început să publice date astronomice după observațiile sale proprii. În 1673 el a publicat efemeridele, care conțin, între altele, un tabel cu răsăritul și apusul Lunii. La rugămintea protectorului său, J. Moore, el a întocmit calculele pentru un tabel cuprinzînd timpii de trecere a Lunii prin meridianul dat în anul curent. Moore a observat cu această ocazie interesanta coincidență a timpilor de trecere cu orele fluxurilor maritime. În legătură cu aceasta, Moore a stîrnit interesul regelui Carol al II-lea pentru observațiile astronomice, i-a recomandat pe Flamsteed, a obținut pentru el titlul de „astronom al regelui" și un salariu de 100 de lire sterline pe an. Curînd după aceasta a urmat un ordin regal pentru construirea unui observator la Greenwich. În 1676 observatorul a fost construit pe locul vechilor clădiri; construcția a costat 520 de lire. Din fonduri proprii, Moore a construit pentru observator un sextant de fier, pe care l-a predat lui Flamsteed împreună cu un ceasornic și cîteva micrometre. Alături de cele cîteva instrumente proprii ale astronomului regal, toate acestea au constituit utilajul științific al observatorului. Mai tîrziu, Flamsteed a reușit, cu puținele sale mijloace proprii, să construiască la observator un cvadrant mare de perete, cu ajutorul căruia se făceau măsurătorile cele mai precise. Puținii bani pe care tezaurul îi aloca pentru întreținerea Observatorului de la Greenwich, nu ajungeau niciodată pentru nevoile curente și, în ultima analiză, observatorul era întreținut din veniturile proprii ale lui Flamsteed, care făcea oficiul de preot și avea o mică moștenire lăsată de tatăl său.

Flamsteed a fost un excelent observator, un sistematizator precis, n-a fost prizonierul unor teorii preconcepute și se descurca chiar, pare-se, destul de prost în

astfel de teorii. După ordinea din arhiva rămasă de la Flamsteed, după însemnările îngrijite de pe fiecare scrisoare primită de el și după jurnalele sale, ne putem face o idee despre punctualitatea și spiritul său ordonat.

Precum am spus, Newton l-a cunoscut pe Flamsteed în 1670; în 1680 între ei a avut loc un schimb de corespondență în legătură cu o mare cometă care a fost observată în acel an și care a stîrnit, ca întotdeauna, atenția și curiozitatea generală. Urmărind două apariții, îndepărtate între ele, ale cometelor, Flamsteed a ajuns, pe baza observațiilor sale, la concluzia că în realitate, în ambele cazuri, era vorba de una și aceeași cometă. Newton și alți astronomi au susținut că erau două comete diferite și, după cum reiese din corespondență, Newton a persistat în afirmația sa, însă nici Flamsteed nu a cedat, sprijinindu-se pe fundamentul solid al observațiilor precise. Astfel au început divergențele între Newton și astronomul regal. Mai tîrziu, în 1685, cînd ideile sale în domeniul mecanicii și al gravitației s-au precizat și el a aplicat teoria gravitației și la explicarea mișcării cometelor, Newton s-a declarat de acord cu părerea lui Flamsteed, ceea ce a și recunoscut în prima ediție a *Principiilor*.

Ajutorul lui Flamsteed a devenit deosebit de necesar lui Newton, în momentul cînd a trecut la elaborarea unei teorii mai precise a mișcării Lunii, adică după prima ediție a *Principiilor*, în 1687. Între ei a început un schimb de scrisori cu privire la această chestiune, care a durat pînă pe la mijlocul anului 1692, întrerupîndu-se apoi timp de aproape un an și jumătate, probabil în legătură cu boala psihică a lui Newton, despre care s-a vorbit mai sus. Din jurnalul lui Flamsteed se vede că, în septembrie 1694, el i-a comunicat cifre cu privire la 150 de poziții ale Lunii. În scrisoarea către Flamsteed din 7 octombrie 1694, Newton scrie că a comparat observațiile cu teoria și a găsit că între ele există o concordanță destul de bună.

În relațiile dintre cei doi oameni de știință a servit adeseori ca intermediar Halley, prietenul lui Newton și primul editor al *Principiilor*. După cum îl caracterizează Flamsteed, acesta era un om de lume, pervertit,

nesincer și „prea liber-cugetător" sau, mai simplu, ateu. Halley nu putea să-i placă lui Flamsteed, care era un om bolnăvicios, neîncrezător și foarte religios. Mediația lui Halley între Newton și Flamsteed a fost una din cauzele principale ale înăspririi relațiilor între ei. De aceea scrisoarea de răspuns a lui Flamsteed din 11 octombrie conține, în principal, diferite plîngeri împotriva lui Halley (printre care și teama de un eventual plagiat).

Scrisorile lui Newton către Flamsteed din această perioadă prezintă un imens interes științific pentru astronomie. Ele conțin, într-o formă concisă, teoria refracției atmosferice astronomice, despre care s-a vorbit înainte, și se deduce teoretic necesitatea „inegalității paralactice" în mișcarea Lunii, denumită astfel pentru că depinde, în parte, de unghiul sub care observatorul solar ar putea vedea orbita Lunii. Corespondentul lui Newton n-a înțeles desigur multe din aceste scrisori, cu atît mai mult, cu cît Newton se exprima concis și uneori neclar. Abia în secolul al XIX-lea, după publicarea corespondenței lui Flamsteed, găsită într-un pod la Londra și editată în 1835 de către Amiralitatea britanică sub redacția vicepreședintelui Societății regale de astronomie Baly, conținutul acestor scrisori a putut fi apreciat la justa lui valoare.

Furnizîndu-i lui Newton, la cererea sa, materiale de observații astronomice, Flamsteed se plîngea de tonul puțin amical al scrisorilor acestuia: „Sînt de acord, — scria el, — că sîrma este mai scumpă decît aurul din care este făcută. Eu însă am strîns acest aur, l-am curățat, l-am spălat și nu îndrăznesc să cred că dv. apreciați prea puțin ajutorul meu numai pentru că l-ați obținut cu atîta ușurință". La 14 septembrie 1695 Newton i-a scris lui Flamsteed că nu mai are timp să se ocupe de teoria Lunii (în acea vreme începuse tratativele pentru postul de la Monetărie) și relațiile dintre ei au încetat pentru un timp. Peste 5 ani, în 1699, în legătură cu apariția lucrărilor matematice ale lui Wallis, Newton și-a exprimat într-o scrisoare către Flamsteed nemulțumirea în următoarele rînduri semnificative: „Am auzit întîmplător de o scrisoare a dv.

către Wallis, destinată publicității, în care scrieți despre lucrările mele privind teoria Lunii. Am fost îngrijorat de faptul că se anunța un lucru care, poate, nu va fi niciodată copt pentru public și despre care eu nu voi scrie, poate, niciodată vreo lucrare. Nu-mi place să fiu publicat cu orice ocazie și, cu atît mai mult, să intru în discuții cu persoane străine asupra chestiunilor de matematică; nu-mi face plăcere nici chiar o eventuală bănuială a cetățenilor, că mi-aș pierde timpul, pe care trebuie să-l dedic treburilor regale, cu alte lucruri".

După cum s-a spus mai sus, prințul George a pus la dispoziția Societății regale fonduri pentru tipărirea unui mare catalog al stelelor întocmit de Flamsteed. Inițiativa a pornit de la Newton. În jurnalul lui Flamsteed există o notă din 10 aprilie 1704 în care menționează vizita pe care i-a făcut-o Newton la Greenwich. El a luat masa la Flamsteed și s-a interesat de lucrările pe care acesta le avea pregătite spre publicare; examinînd cu atenție manuscrisul catalogului, i-a promis că îl va recomanda prințului. Asupra părerii pe care o avea Flamsteed despre Newton putem judeca după următoarele rînduri din jurnal: „M-a mirat această propunere: îi cunoșteam dinainte caracterul, întotdeauna l-am considerat perfid, ambițios, extrem de zgîrcit la laude și intolerant la contraziceri". Această caracterizare a lui Newton este, bineînțeles, exagerată și se explică prin ciocnirile și jignirile din trecut, precum și prin profundele deosebiri de caracter dintre ei.

Prințul a propus crearea unei comisii, sub președinția lui Newton, care să supravegheze editarea catalogului. Comisia l-a vizitat pe Flamsteed și a aprobat tipărirea tuturor observațiilor, cu două cataloage cuprinzînd stelele fixe (în total aproximativ 1 200 coli).

Curînd însă au izbucnit fricțiuni între comisie și autor. Aceasta a procedat în așa fel, ca și cum membrii ei ar fi fost autorii catalogului. Flamsteed și-a umplut scrisorile și jurnalul cu plîngeri cu privire la arbitrara tipărire a lucrării sale *Historia Coelestis*. În decembrie 1707 primul volum a fost totuși tipărit. Ulterior însă au început discuții asupra conținutului vo-

lumului al doilea și asupra corecturii autorului. În 1707 prințul a murit și problema finanțării volumului al doilea a rămas nelămurită pînă în 1710, cînd Newton a obținut, în sfîrșit, acordul reginei pentru continuarea tipăririi lucrării. Totodată regina a instituit o comisie a Societății regale, sub președinția lui Newton, pentru sprijinirea Observatorului de la Greenwich și supravegherea activității lui. Ținînd seama de relațiile dintre Flamsteed și Newton, această comisie a constituit o nouă lovitură pentru astronomul regal. El a adresat reginei o petiție cerînd desființarea comisiei, însă fără succes.

Temerile lui Flamsteed cu privire la această comisie au fost justificate; ea a început să-i prezinte cereri neîntemeiate și jignitoare. La 11 octombrie 1711, el a primit o invitație din partea lui Newton de a lua parte la ședința consiliului pentru a face un raport asupra stării instrumentelor observatorului și a gradului lor de utilizare pentru observații, deși starea lor îi era, desigur, bine cunoscută, iar o parte din ele erau proprietatea lui Flamsteed. Iată cum descrie Flamsteed această rușinoasă ședință: „Am fost chemat în fața comitetului, unde, în afară de el (adică, Newton), erau numai doi medici (doctorul Sloan și un altul tot atît de puțin avizat ca și el). Președintele s-a înfierbîntat grozav și s-a iritat într-un mod cu totul necuviincios. M-am hotărît totuși să nu dau nici o atenție discursurilor sale perfide și i-am arătat că toate instrumentele din observator erau ale mele. Aceasta l-a înfuriat, întrucît avea o scrisoare a secretarului de stat, prin care ei fuseseră numiți curatorii observatorului; el a spus că nu voi avea nici observator, nici instrumente. Atunci am început să mă plîng că, catalogul meu se tipărește de către Rymar (Halley) fără știrea mea, și că mi s-au sustras rezultatele muncii mele. El s-a înfuriat și m-a insultat cu diferite cuvinte urîte, cățel etc., care i-au venit în minte. I-am răspuns că ar trebui să-și rețină patima și să se stăpînească". Nu trebuie, de altfel, să privim această scenă din punctul nostru de vedere de azi. Pe vremea aceea, așa ceva era, probabil, un lucru destul de frecvent. Povestind despre insultele

lui Newton, Flamsteed relatează apoi cu calm, că s-a întîlnit cu Halley, a băut cu el o cafea, a discutat liniștit cu el despre mojicia lui Newton, pe care l-a calificat ca pe un prost.

Tipărirea cărții lui Flamsteed a fost însoțită, la rîndul ei, de noi certuri și scandaluri. El l-a acuzat, printre altele, pe Newton că a rupt, în mod samavolnic, sigiliul de pe sulul conținînd catalogul stelelor fixe.

Basorelief al lui Newton (atribuit lui Wedgewood).

Editorul de fapt al lucrării *Historia Coelestis* devenise Halley: ediția scoasă de el a apărut în 1712. Flamsteed a primit 300 de exemplare din această ediție și le-a dat foc. Pe de altă parte, el a întocmit o nouă copie a catalogului său completat, însă a murit în 1720, înainte de a fi terminat volumul al doilea.

În timpul controversei cu Leibniz, adversarii lui Newton au folosit incidentele cu Flamsteed pentru defăimarea lui. Biografii care cunosc numai unele episoade, prezentate și ele unilateral, le exagerează și fac generalizări destul de arbitrare. În orice caz, în toate cele trei dispute celebre ale lui Newton — cu Hooke, Leibniz și Flamsteed — se manifestă ambiția sa bolnăvicioasă, caracterul său supărăcios și autoritar. De altfel, relațiile dintre partenerii acestor trei dispute au fost foarte diferite. Geniul lui Newton, caracterizat prin precizia clasică, atît în teorie, cît și în practică, este opus, în disputa cu Hooke, firii „romantice", inegale, dar foarte înzestrate a acestuia, care era un excelent experimentator, autor al unor ipoteze ingenioase, de un înalt nivel calitativ. În disputa cu Leib-

niz, caracterul închis, concentrat, puțin sociabil și încăpățînat al lui Newton, se lovește de Leibniz, om de lume, sociabil, amator de zarvă și glorie, extrem de multilateral. Lupta se dă între talente, o luptă spontană și absurdă, aținată de înțepăturile pigmeilor. Certurile cu Flamsteed sînt o ciocnire tipică între Faust și Wagner, în care geniul este opus răbdării. Newton însuși identifica geniul științific cu gîndirea răbdătoare, concentrată într-o singură direcție. Aceasta nu este întru totul just. Ideea științifică, născută pe neașteptate într-o minte genială, poate fi, la vederea unui măr în cădere, profund distinctă de răbdare. Newton întrunea intuiția lui Hooke, răbdarea, precizia și prudența observațiilor lui Flamsteed și gîndirea largă, sintetică a lui Leibniz.

Este greu să comparăm activitatea științifică a lui Newton la Londra cu activitatea sa la Trinity-College. Avîntul extraordinar al forțelor sale creatoare s-a stins de mult; au venit anii concluziilor. În 1704, după moartea lui Hooke, Newton a publicat, în sfîrșit, *Optica*, compusă aproape în întregime din materialele scrise cu mulți ani în urmă.

În 1701 Newton a publicat în *Philosophical Transactions* un mic dar semnificativ memoriu nesemnat, intitulat *Despre scara gradelor de căldură și frig*. De fapt, cu acest memoriu începe istoria teoriei despre căldură, căci tot ce s-a făcut pînă atunci în domeniul fizicii avea doar o valoare episodică. Newton întocmește un tabel pentru „grade egale de căldură" (grade de temperatură) ale diferitelor corpuri în diferite stări. Drept zero se ia temperatura zăpezii în stare de topire; temperatura apei în fierbere este arătată de 34 grade, cu alte cuvinte, 1 grad Celsius este egal cu 0,34 grade Newton. Măsurătorile se făceau, în parte, cu ajutorul unui termometru cu ulei de in, în parte, observîndu-se răcirea fierului încălzit la roșu: „Căci căldura — scrie Newton — pe care fierul încălzit o comunică în timpul dat corpurilor reci din preajma lui, adică, căldura, pe care fierul o pierde în cursul timpului dat, este proporțională întregii călduri a fierului; de aceea, dacă luăm ca egale perioadele de răcire, atunci căldurile

vor fi în progresie geometrică și pot fi găsite ușor după tabloul de logaritmi". Prin corpuri reci Newton înțelege corpuri cu o temperatură apropiată de 0°. În citatul de mai sus este formulată legea răcirii corpurilor, cunoscută în teoria căldurii sub denumirea de „legea lui Newton". În felul acesta, el stabilește o serie de temperaturi. În tabelul de mai jos dăm unele cifre ale lui Newton, exprimate în grade Celsius. În coloana a doua sînt indicate temperaturile pe care le cunoaștem azi:

Topirea zăpezii	0°	0°
Temperatura corpului uman	35,5	36—37
Temperatura topirii cerii	80	cca 68
Temperatura apei în fierbere	100	100
Temperatura plumbului topit	281	227

Totodată Newton dă cifre cu privire la creșterea volumului uleiului de in la diverse temperaturi; pentru intervalul de la 0° la 100° (Celsius) coeficientul de creștere este 0,000725.

Din acest scurt memoriu se vede că Newton începuse cercetările experimentale și în domeniul fenomenelor căldurii, aplicînd și aici, conform obiceiului său, măsurători cantitative precise. Aplicarea metodei ingenioase de a măsura temperatura după viteza răcirii constituie o indicație precisă asupra ceea ce ar fi putut da Newton în domeniul căldurii, dacă ar fi avut timp să se ocupe mai departe de cercetări în acest domeniu. Există indicii care arată că experiențele cu temperatura au fost efectuate de el la Cambridge încă în 1693.

O muncă destul de mare i-a cerut-o reeditarea *Principiilor*, pe care a început-o în primăvara anului 1709. Prima ediție s-a epuizat de mult. Disputa cu Leibniz asupra priorității descoperirii analizei infiniților mici a fost însoțită de tot felul de atacuri împotriva *Principiilor* din partea partizanilor acestuia. Îndeosebi a fost combătută forma introducerii și a expunerii legii gravitației universale din *Principii*. Newton a fost acuzat că a introdus însușiri ale materiei ce nu pot fi înțelese, ca acțiunea la distanță, în locul acțiunii produse la atingere, foarte clare, a lui Descartes. Leib-

niz mergea pînă acolo încît îi reproșa lui Newton de a fi ateu; după părerea lui Leibniz, Dumnezeu în filozofia lui Newton nu era decît un creator, care, după actul de creație, nu se mai amestecă în mecanismul lumii. Chiar și oameni ca Huyghens nu înțelegeau *Principiile*, structura, stilul, metoda și soliditatea lor. În afară de aceasta, era necesară publicarea teoriei modificate a mișcării Lunii.

În 1709 Newton împlinise 67 de ani; el a înțeles că pentru o nouă ediție a *Principiilor* îi trebuie un bun colaborator. La recomandarea lui Bentley, *master*-ul de la Trinity-College, el a invitat în acest scop pe un tînăr *cambridge-man*, în vîrstă de 27 ani, profesorul de matematici Cotes. Alegerea a fost excelentă; mai tîrziu, după ce Cotes a murit subit, în vîrstă de 34 de ani, Newton spunea cu tristețe: „Dacă trăia mr. Cotes, am mai fi aflat noi cîte ceva".

Newton intenționase să revadă prima ediție a *Principiilor*, să îndrepte greșelile, să scrie o introducere și cu aceasta să încheie lucrarea, încredințînd lui Cotes corecturile. În realitate însă, lucrurile s-au petrecut altfel. Cotes s-a dovedit a fi nu numai un corector-savant, ci și un critic extrem de atent, care lucra el însuși cu o mare încordare și l-a obligat să lucreze și pe bătrînul Newton. O mărturie a acestei munci comune este vasta corespondență dintre ei, publicată de Edleston, care prezintă un imens interes științific și istoric.

Newton a încercat, la început, să se împotrivească: „Vă mulțumesc — scria el — pentru cele două îndreptări în chestiunea cvadraturilor. Dar n-aș vrea ca dv. să vă deranjați revăzînd toate demonstrațiile cuprinse în *Principii*... Este imposibil a publica o carte, fără a lăsa cîteva greșeli". Cotes, însă, n-a schimbat felul lui de lucru: el a recitit manuscrisul rînd cu rînd, refăcînd din nou toate calculele, urmărind toate erorile. El a analizat demonstrațiile atît în ce privește fondul, cît și forma lor, cerînd adeseori explicații lui Newton. Cele mai puține îndreptări au fost necesare în prima parte a *Principiilor*. Cotes a primit cea mai mare parte a manuscrisului în octombrie 1709, iar la 15 aprilie 1710 aproape jumătate din carte fusese deja tipărită.

Greutăți mult mai mari au fost întîmpinate însă în partea a doua și, în special, în partea a treia. Cotes a descoperit greșeli și chiar inexactități în unele demonstrații din partea a doua privind mișcarea corpurilor în medii rezistente. De pildă, Newton a făcut o greșeală în prima ediție a *Principiilor*, afirmînd că jetul de apă din orificiul unui vas se ridică la jumătatea înălțimii nivelului lichidului din vas, fapt ce a fost descoperit cu ocazia verificării experimentale la Societatea regală în 1691. Atrăgîndu-i atenția asupra acestui lucru, Cotes l-a obligat să experimenteze, iar cu această ocazie Newton a făcut importanta descoperire hidrodinamică a contracției jetului *(vena contracta)* la scurgere. Acest fenomen explica și divergența dintre experiență și calcul.

Newton. Desen după natură executat de Stukeley la începutul secolului al XVIII-lea.

Cu aprobarea lui Newton, Cotes a trebuit să modifice pagini întregi din partea a doua a operei. Uneori el greșea și Newton îl corecta la rîndul lui.

Corespondența între ei a suferit o întrerupere destul de lungă, din septembrie 1711 pînă în februarie 1712, deoarece Newton a fost antrenat în disputele cu Flamsteed și Leibniz. Ea a fost reluată în legătură cu pregătirea părții a treia, cea mai grea, a *Principiilor*, unde sînt tratate marile probleme principale despre natura gravitației, despre forțe și mase, despre metodele cercetării științifice etc. Aportul lui Cotes la redactarea acestei părți din ediția a doua a *Principiilor* este foarte mare. Analizînd corespondența lui Newton cu Cotes, Biot scrie: „Este greu să ne închipuim cîte griji și cîtă muncă i-au revenit lui Cotes cu ocazia discutării, verificării, îndreptării și punerii de acord a calculelor din cartea a treia. Activitatea lui nu se mărginește

însă la aceste amănunte obositoare. El analizează baza și forma fiecărei propoziții, scoate la iveală neclaritățile și contrazicerile, arată greșelile și maestrul este nevoit, în repetate rînduri, să le recunoască".

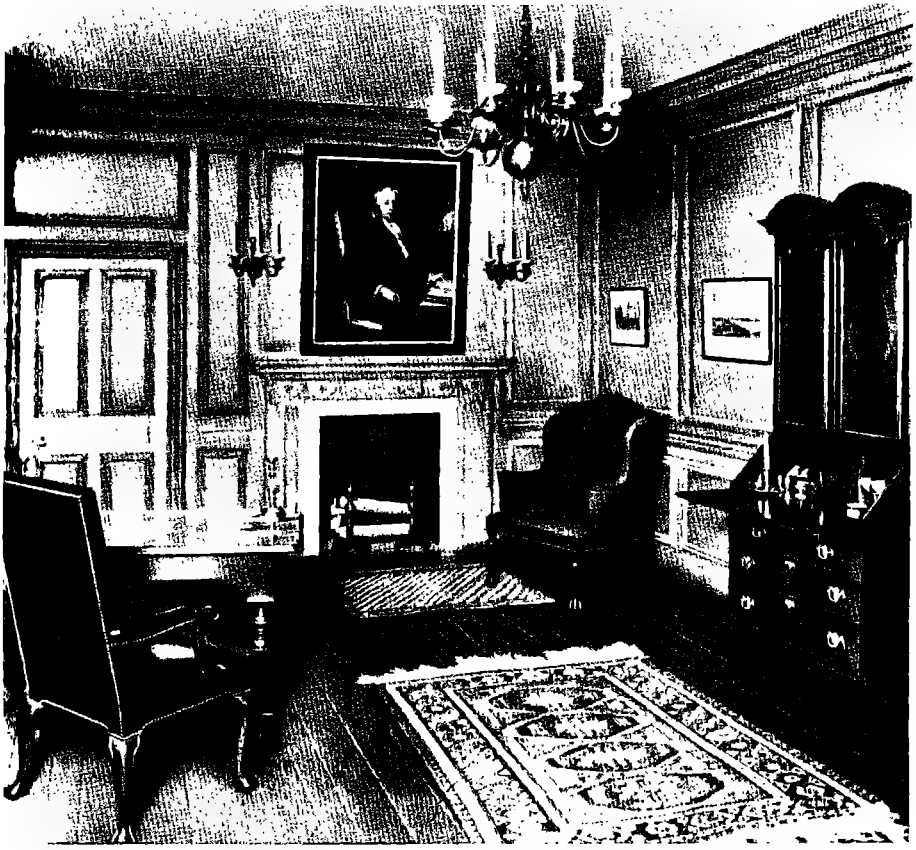
În afara îndreptărilor și completărilor științifice și filozofice, a doua ediție oglindea și o nouă fază a relațiilor sale personale cu diferite personalități. Numele lui Flamsteed a dispărut aproape de peste tot unde anterior fuseseră relevate meritele sale; a fost pusă într-o lumină nouă participarea lui Leibniz în crearea analizei.

Cartea a fost tipărită complet în martie 1713, dar nu era încă gata introducerea, căreia, în situația dată, i se atribuia o mare însemnătate. Prin Bentley, Newton a propus lui Cotes să scrie și introducerea. În legătură cu aceasta a început o nouă corespondență cu Newton, care a scos la iveală, printre altele, faptul că talentatul discipol al lui Newton nu era absolut convins de justețea universală a legii egalității acțiunii și reacțiunii. Cotes credea că se poate vorbi numai de gravitația planetei către Soare, dar nu și invers! El era atît de convins de dreptatea sa, încît i-a propus autorului să adauge un paragraf nou la *Principii*, sau cel puțin, să facă îndreptări în erată! Newton nu s-a supărat de data aceasta și l-a convins prin exemple simple de greșeala lui. Acest episod arată cu o deosebită claritate profunzimea extraordinară a *Principiilor* și a legilor formulate de Newton; multe lucruri din această operă au fost inaccesibile chiar și discipolilor celor mai apropiați și mai talentați ai lui Newton.

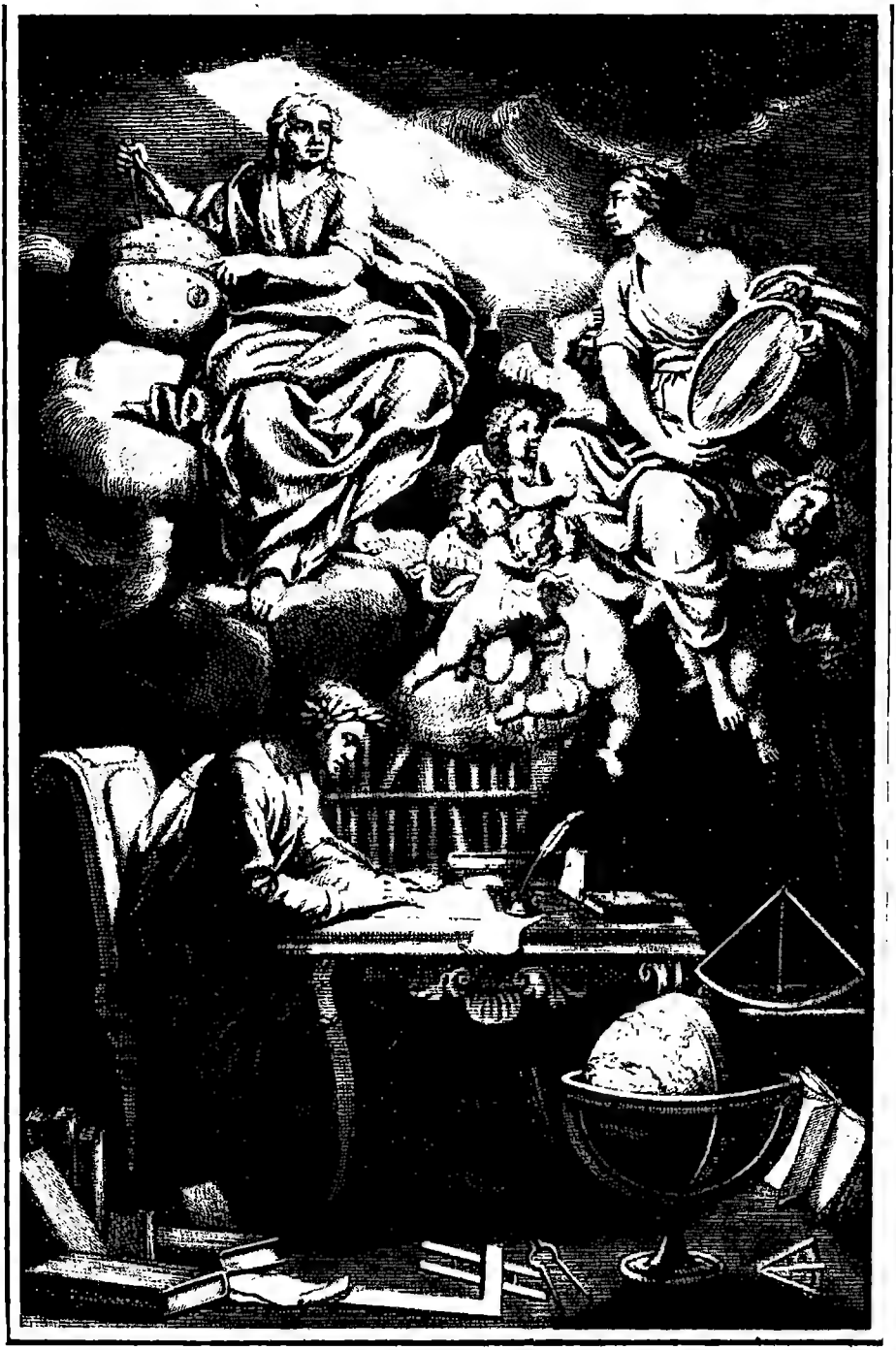
Introducerea caldă și spirituală, scrisă de Cotes, conține o apologie a newtonismului și o infirmare a vîrtejurilor lui Descartes ca și a monadelor lui Leibniz, însă este departe de stilul măreț și calm al autorului *Principiilor*.

În iunie 1713 a apărut a doua ediție a *Principiilor* și Newton a prezentat un exemplar în dar reginei Anna.

Corespondența lui Newton cu Cotes rămîne un monument remarcabil al istoriei apariției unei opere mari și totodată un exemplu al unei veritabile colaborări științifice între generația vîrstnică și cea tînără.



SALONUL (RECONSTITUIRE) DIN APARTAMENTUL LUI NEWTON DIN STR. ST. MARTIN, UNDE A LOCUIT ÎNTRE ANII 1710—1725. O PARTE DIN MOBILĂ ESTE ORIGINALĂ (SE AFLĂ ÎN BIBLIOTECA INSTITUTULUI BABSON).



FRONTISPICIUL CĂRȚII LUI VOLTAIRE *ELEMENTELE FILOZOFIEI LUI NEWTON* (1738) — GRAVURĂ.

CAPITOLUL XV

LUCRĂRILE TEOLOGICE ȘI ISTORICE ALE LUI NEWTON ȘI CONCEPȚIILE SALE RELIGIOASE

Newton era, fără îndoială, un om profund religios și, în afară de aceasta, un teolog erudit. În 1703 Locke scria nepotului său King: „Newton este într-adevăr un savant remarcabil, nu numai datorită uimitoarelor sale realizări în domeniul matematicii, ci și în teologie, grație vastelor sale cunoștințe în sfînta scriptură, puțini putîndu-se compara cu el". Newton se bucura de asemenea de o mare celebritate ca teolog și în cercuri mai largi; am reprodus mai sus citate din jurnalul studentului de la Prime de la Cambridge, din 1692, în care se vorbește despre el ca de un „strălucit matematician, filozof, teolog etc."

În zilele noastre o asemenea cumulare de specialități va părea, desigur, stranie: în secolul al XVII-lea aceasta era aproape o regulă, îndeosebi în Anglia. Boyle a scris tratate teologice și a înființat o catedră specială în vederea luptei „științifice" împotriva ateismului. Celebrul matematician Wallis, al cărui nume a fost menționat în repetate rînduri, a publicat numeroase opere teologice; profesorul lui Newton, Barrow, a fost preot. Hooke a scris o lucrare teologică despre turnul lui Babel. Mulți dintre elevii și prietenii lui Newton erau totodată și teologi. Newton nu constituia o excepție în această privință, cu atît mai mult cu cît ambianța familială de la Woolsthorpe (rude-preoți) îl predispunea din tinerețe la preocupări

teologice. În acest sens, el este teolog prin moștenire și tradiție.

Puține din manuscrisele teologice ale lui Newton au fost publicate pînă în prezent. Episcopul Horsley a fost redactorul culegerii celei mai complete a lucrărilor sale teologice; el a ales, vrînd-nevrînd, acele manuscrise care nu aruncau umbra ereziei asupra lui Newton. Biografia cea mai amănunțită a lui Newton, bazată pe un mare număr de documente noi, a fost întocmită de opticianul englez Brewster, care a căutat prin toate mijloacele să demonstreze perfecțiunea și ireproșabilitatea lui Newton în toate privințele, printre altele și în privința dreptei-credințe. Noul biograf, al lui Newton, L. More, la care nu s-au manifestat asemenea tendințe și care a revăzut din nou arhiva lui Newton (așa-numita „Colecție de la Portsmouth"), a descoperit multe documente cu caracter teologic, din care apar pozițiile „eretice" ale lui sir Isaac.

Pe la sfîrșitul secolului al XVII-lea Newton a scris un scurt memoriu teologic, intitulat *Despre două denaturări importante ale sfintei scripturi*, pe care l-am mai menționat. Prin intermediul lui Locke, memoriul a ajuns în Olanda, însă a fost tipărit abia în 1754. El conține o critică istorico-filologică a traducerilor latine a două texte din epistolele apostolice, care constituie baza dogmei bisericești a trinității. Pe baza acestui memoriu se poate deduce atitudinea negativă a lui Newton față de dogma trinității. More a descoperit multe manuscrise ale lui Newton, necunoscute pînă azi, consacrate în special dogmei trinității și disputei între Arius și Athanasie la Conciliul de la Niceea. După cum afirmă More, din aceste documente rezultă că Newton era arian, adică nega natura divină a lui Cristos.

Pentru a aprecia just opiniile religioase ale lui Newton, nu trebuie uitată legătura strînsă între curentele politice și religioase din Anglia în acea epocă. Protestantismul și arianismul lui Newton au fost una din formele de luptă împotriva catolicismului Stuarților, împotriva partidului tory. Aceleași rădăcini politice pot fi ușor identificate aproape în toate lucrările is-

torico-teologice ale lui Newton. Dintre acestea cea mai cunoscută este: *Observații pe marginea cărții profetului Daniil și Apocalipsului sf. Ioan*, care există și în traducerea rusă a unui autor necunoscut. Această carte a fost scrisă și ea la sfîrșitul secolului al XVII-lea și publicată abia după 6 ani de la moartea lui Newton, de către nepotul său B. Smith. Considerînd în afară de orice îndoială caracterul divin al acestor cărți „sfinte", Newton întocmește un așa-zis „dicționar al simbolurilor" cuprinse în ele. El consideră, de exemplu, că *luna* înseamnă „poporul simplu", *furtunile și mișcarea norilor* — războaie etc. Interpretînd apoi profețiile în aplicarea lor la evenimente istorice, Newton demonstrează că profețiile s-ar fi realizat. Totodată, el își exprimă scepticismul în ce privește posibilitatea prezicerii viitorului pe baza cărților „sfinte": „Dumnezeu a dat această revelație — scrie el — ca și profețiile Vechiului Testament, nu pentru a satisface curiozitatea oamenilor, făcîndu-i capabili să prevadă viitorul, ci pentru ca prin îndeplinirea lor concretă să se demonstreze lumii concepția divină și nu perspicacitatea interpretatorilor". Tendința vădită a lui Newton în comentariile sale asupra profețiilor este de a demonstra pieirea papalității și distrugerea bisericii romane; de aceea el caută cu o deosebită rîvnă argumente pentru a demonstra că, „cornul cel mic al celei de-a patra fiare" nu înseamnă altceva decît biserica romană. „Interpretările" lui Newton constituie un exemplu tipic al literaturii teologice raționaliste anglicane. Newton vede în răspîndirea venerației sfinților — păgînismul, în ascetism și călugărie — erezia etc. Pe de altă parte, lucrarea sa teologică confirmă elocvent vasta sa erudiție istorică și teologică.

În hîrtiile rămase după moartea sa, au fost găsite numeroase alte lucrări teologice mărunte sau neterminate, din care o parte a fost publicată în culegerea operelor sale, editate de episcopul Horsley.

Puțin timp înaintea morții lui Newton, în 1725, a fost publicată, fără autorizația sa, o traducere franceză a lucrării sale istorice *Scurtă cronologie (Abrégé de chronologie)*. O dată cu suirea pe tronul Angliei

a lui George I, în 1714, Newton a devenit obiectul unei atenții deosebite din partea curții engleze, în special a principesei de Walles, devenită apoi regina Angliei. Principesa ducea totodată o corespondență foarte vie cu Leibniz și a încercat prin diferite mijloace să-l împace cu Newton. În cursul unei discuții în salonul principesei, acesta a expus sistemul său cronologic, bazat pe o serie de considerente, printre altele pe folosirea observațiilor astronomice ale anticilor (îndeosebi a hărții lui Eudoxiu), întocmit încă la Cambridge. Principesa și-a exprimat dorința de a avea o expunere scrisă. Manuscrisul a ajuns în mîinile abatelui Conti, unul din prietenii principesei, care a jucat un mare rol în încercările de a-l împăca pe Newton cu Leibniz. În urma unei inițiative cu totul deplasate a abatelui a apărut ediția franceză citată mai sus, foarte denaturată, însoțită pe deasupra și de o infirmare a cronologiei lui Newton. El a fost nevoit să dea explicații asupra acestui lucru în *Philosophical Transactions* și să-și irosească ultimele luni ale vieții pentru a scrie o cronologie completă, care a fost publicată după moartea sa, în 1728, sub titlul *Cronologia vechilor împărății*, însoțită de o scurtă cronică de la primele mențiuni despre evenimentele din Europa pînă la cucerirea Persiei de către Alexandru Macedon.

Newton s-a ocupat de *Cronologie* aproape 40 de ani, cu mici întreruperi; după unele izvoare, primul capitol al cărții l-a transcris de 80 de ori. Pentru întocmirea ei el a trebuit să studieze o întreagă bibliotecă de documente istorice și opere filozofice. Scopul principal urmărit de Newton în *Cronologie* era, fără îndoială, pur religios. Multe date cronologice nu coincideau cu afirmațiile Bibliei și îi zdruncinau autoritatea. El voia să sprijine această autoritate, înlăturînd contradicțiile cronologice din istorie și interpretînd într-un fel nou diferitele texte și mituri. Sarcina principală era de a reduce în așa fel cronologiile tradiționale, egipteană și greacă, încît ele să fie aduse în concordanță cu Biblia.

Lucrarea lui Newton pornește de la ideea că datele cronologice care s-au păstrat de la egipteni, greci etc.

sînt fanteziste și în multe cazuri doar niște invenții poetice. Întinderea colosală a istoriei antice, cu oazele izolate ale popoarelor, împărățiilor și evenimentelor, trebuia, după părerea sa, substanțial comprimată. În calculul cronologiei antice joacă un mare rol durata medie a unei generații, apreciată de Herodot la 33 ani. Newton obiectează împotriva aplicării aceluiași criteriu la durata medie a domniilor, așa cum o face tot Herodot, și propune în locul ei o durată de 18—20 de ani, bazîndu-se pe exemple istorice. Apoi, după părerea sa, istoria în accepția adevărată a cuvîntului începe o dată cu civilizația. Începutul civilizației, presupune Newton, este marcat de păgînismul complex diferențiat. În fine, el folosește, pentru stabilirea cronologiei, considerente de ordin istorico-astronomic. Punctele echinoxiilor și ale solstițiilor se deplasează de la răsărit la apus, în ordine inversă cu constelațiile Zodiacului. Această mișcare inversă se numește precesiunea echinoxiilor; ea atinge aproximativ un grad în 72 de ani. Pe această bază Newton determină timpul care desparte expediția argonauților de momentul inventării de către Meton a ciclului, la 19 ani. El consideră că argonauții au folosit o sferă confecționată de Hiron, pe care echinoxul de primăvară, solstițiul de vară, echinoxul de toamnă și solstițiul de iarnă se aflau la mijlocul (sau la 15°) constelațiilor Racului, Balanței și a Capricornului. În anotimpurile lui Meton echinoxiile și solstițiile se aflau nu pe al 15-lea, ci pe al 8-lea grad al acelorași constelații. De aceea precesiunea a ajuns la 7°, ceea ce corespunde cu 504 ani. Meton a inventat ciclul său în anul 432 î.e.n., prin urmare expediția argonauților a avut loc aproximativ în anul 936 î.e.n. Pe baza tuturor acestor considerente rezultă, după Newton, o scară cronologică redusă. Epoca istorică cea mai veche, cunoscută nouă, se situează, după această cronologie, în jurul anului 1125 î.e.n. Cronologia lui Newton este însă greșită, după cum reiese din datele istorice contemporane. Ca și *Interpretările*, *Cronologia* are astăzi un interes pur biografic.

Trebuie să remarcăm că exercițiile istorico-teologice ale lui Newton poartă și ele pecetea limpede a metodei sale precise fizico-matematice, aplicată, e drept, unui material cu totul nepotrivit și unor modele nepotrivite. Contemporanii l-au acuzat de aceasta, în repetate rînduri, pe Newton-teologul. Whiston povestește, de pildă, că Bentley i-a reproșat lui Newton că expune profețiile la fel ca și demonstrațiile matematice. Nouă însă, care ne sprijinim pe moștenirea științifică a mai mult de două secole ce au trecut de la moartea lui Newton, ne este aproape imposibil să ne imaginăm cum a putut autorul *Principiilor*, al *Opticii* și al metodei fluxiunilor să-și piardă timpul cu ciudatele exerciții istorice și teologice. După părerea biografului lui Newton, L. More (1934), „dacă ar fi trăit în zilele noastre, el ar fi putut să se distreze în orele libere cu lectura romanelor detective sau cu rezolvarea cuvintelor încrucișate, în locul cronologiei antice și a profețiilor biblice". Această afirmație nu este însă decît o simplă glumă și derivă dintr-o perspectivă istorică greșită.

Lucrările citate nu epuizează activitatea religioasă a lui Newton. În viața practică el făcea, probabil, o deosebire riguroasă între formele cultului și filozofia religioasă generală. Cînd „Societatea pentru dezvoltarea cunoștințelor creștine" i s-a adresat lui Newton, în calitate de președinte al Societății regale, cu rugămintea de a-i pune la dispoziție un local, el a răspuns: „Regula fundamentală a Societății noastre este de a nu se amesteca în religie; este clar deci că noi nu putem oferi societăților religioase prilejul de a se amesteca în treburile noastre" [1]. Există și alte mărturii care confirmă libertatea de cugetare și scepticismul lui Newton. În colecția de la Portsmouth s-a păstrat, de exemplu, următoarea notă a lui Newton despre „miracole": „Miracolele sînt denumite astfel nu pentru că sînt opera lui Dumnezeu, ci pentru că se produc rar și de aceea ne uimesc. Dacă ele s-ar fi produs mereu,

[1] Această scrisoare a lui Newton a fost publicată în revista „Nature", în 1923.

după anumite legi ale naturii lucrurilor, ele ar fi încetat să pară uimitoare și miraculoase și ar fi putut fi considerate în filozofie ca o parte a fenomenelor naturii (cu toate că sînt o consecință a legilor naturii, impuse acesteia de puterea lui Dumnezeu), chiar dacă cauza lor ar fi rămas necunoscută nouă".

Paralel cu această „libertate de cugetare", Newton considera, fără îndoială, toată activitatea sa științifică sub un aspect religios. Cele două opere științifice fundamentale — *Principiile* și *Optica* — au încheieri religioase, scrise cu un elan neobișnuit. În „scolia" finală a *Principiilor* Newton scrie: „Cugetările despre Dumnezeu, pe baza fenomenelor ce se produc în natură, aparțin, desigur, obiectului filozofiei naturale".

Motivul fundamental al argumentării religioase a lui Newton, cel puțin cea aplicată la fenomenele astronomice, se reduce la așa-zisele „condiții inițiale". Principiile mecanicii și legea gravitației permit descrierea mișcării aștrilor, dacă sînt date diferite condiții inițiale: masa astrului, viteza și poziția inițială, poziția orbitei în sfera cerească etc. Astfel, numai principiile nu sînt suficiente pentru rezolvarea problemei; sînt necesare elemente primare, care, în formularea dată a problemei, pot fi arbitrare. „Acest sistem foarte elegant al Soarelui, planetelor și cometelor nu a putut să se nască decît din mintea și puterea unei ființe prea înțelepte și atotputernice", spune Newton în *Principii*.

În *Dialectica naturii*, Fr. Engels caracterizează astfel trăsătura principală a filozofiei științifice religioase a lui Newton: „Dar ceea ce caracterizează îndeosebi această perioadă este elaborarea unei concepții de ansamblu originale al cărei miez îl constituie ideea *invariabilității absolute a naturii*. Oricum ar fi luat naștere natura însăși, o dată ce există, ea rămîne neschimbată atît timp cît dăinuiește. Planetele și sateliții lor, o dată puși în mișcare de misteriosul „impuls inițial", continuă să se învîrtească în vecii

vecilor pe eclipsele trasate sau, în orice caz, pînă la sfîrșitul tuturor lucrurilor" [1].

„Newton i-a mai lăsat (lui Dumnezeu) cel puțin «impulsul inițial» — scrie Engels — interzicîndu-i însă orice amestec ulterior în sistemul său solar" [2].

Adversar al ipotezelor, argumentînd cu ajutorul „condițiilor inițiale", ca ceva primar, ce nu poate fi explicat, Newton a introdus o ipoteză, desigur cu totul arbitrară, care n-a fost confirmată de dezvoltarea ulterioară a științei. Teoriile cosmogonice (ale lui Kant, Laplace și altora) chiar dacă n-au rezolvat problema condițiilor inițiale, au indicat cel puțin posibilitatea principală a rezolvării ei.

Protestantul fervent Robert Boyle a lăsat prin testament mijloace bănești, pentru ca în fiecare an să fie ținute opt conferințe în apărarea creștinismului împotriva ateismului. În 1692 aceste conferințe au fost încredințate directorului de la Trinity-College, Richard Bentley. Bentley a hotărît să-și întemeieze ultimele două conferințe pe *Principiile* lui Newton. Frunzărind *Principiile* și o serie de lucrări matematice auxiliare, Bentley s-a adresat direct lui Newton pentru lămurirea unor nedumeriri. Cele patru scrisori către Bentley, scrise cu acest prilej (1692—1693), conțin un material foarte important atît pentru a cunoaște concepțiile sale asupra naturii gravitației, cît și cele religioase; unele pasaje din aceste scrisori le-am citat deja mai sus. Prima scrisoare începe cu următoarea declarație semnificativă: „Cînd am scris opera mea despre sistemul lumii, mi-am îndreptat atenția asupra acelor principii, care pot genera, la un om care judecă, credința în ființa divină și nimic nu-mi procură atîta bucurie ca faptul de a mă vedea util în acest sens. Dacă totuși am adus omenirii un oarecare serviciu, aceasta nu se datorește decît hărniciei și gîndirii răbdătoare (*industry and patient thought*)".

---

[1] F. Engels, *Dialectica naturii*, E.S.P.L.P., București 1954, p. 8.

[2] *Ibidem*, p. 202.

Newton atinge apoi problema cosmologică extrem de importantă despre repartiția maselor în univers. Dacă masa ar fi fost repartizată în univers în mod uniform, atunci, crede Newton, ea ar fi trebuit, în virtutea gravitației universale, să se concentreze într-o singură masă sferică undeva în spațiu. În spațiul infinit ar fi trebuit să se formeze nenumărate sfere, asemănătoare între ele. În deosebirile între aștri el vede un argument în plus în sprijinul existenței unei voințe libere, creatoare.

Problema repartiției maselor în univers a fost dezbătută mult acum douăzeci de ani, în special în legătură cu teoria relativității. Presupunerea lui Newton, că în universul infinit, dacă legea gravitației este justă, trebuie să se formeze nenumărate centre de gravitație (aștri), își poate găsi confirmarea numai cu condiția unei anumite repartiții inițiale a maselor. Legea generalizată a gravitației a lui Einstein permite găsirea unor alte metode pentru rezolvarea problemei.

În scrisorile către Bentley, Newton expune aceleași concepții despre „condițiile inițiale" despre care am mai vorbit și respinge categoric caracterul „primar" mecanic al gravitației. Dacă gravitația nu poate fi explicată mecanic, prin presiune sau lovituri, cauza ei, după părerea sa, poate fi numai de ordin imaterial. În sensul acesta a înțeles Bentley afirmațiile lui Newton și le-a expus în predicile sale. Caracterul axiomatic al *Principiilor*, îi permite lui Newton să le considere drept indicații inițiale ale creatorului: „Cu ajutorul acestor principii sînt alcătuite, probabil, toate obiectele materiale din particule solide, combinate în diferite feluri de către agentul gînditor la prima creație", scrie Newton în *Optica*.

Trăim într-o epocă, cînd principiile lui Newton se transformă, se generalizează; o serie de factori, considerați de el primari, se descompun în alții mai simpli și șubrezenia punții întinse de Newton între fizică și religie, devine evidentă. Istoria științei arată destul de limpede cît de riscante sînt diferitele variante ale incognoscibilității *(Ignorabimus)* principiale.

Argumentarea religioasă a lui Newton a fost cu ușurință însușită de contemporanii și urmașii săi; *Principiile* au fost admise (dar nu prea însușite) nu numai de lumea științifică, ci și de teologi și cercurile religioase. Prima ediție engleză a *Principiilor* din 1729, în traducerea lui Motte, poartă un frontispiciu gravat. Desenul, făcut de Motte însuși, ilustrează acea schemă religioasă a lui Newton despre care vorbește Engels în pasajul citat mai sus. Creatorul înmînează înțelepciunii un compas și îi dă indicații — „principiile", după care se desenează planul universului.

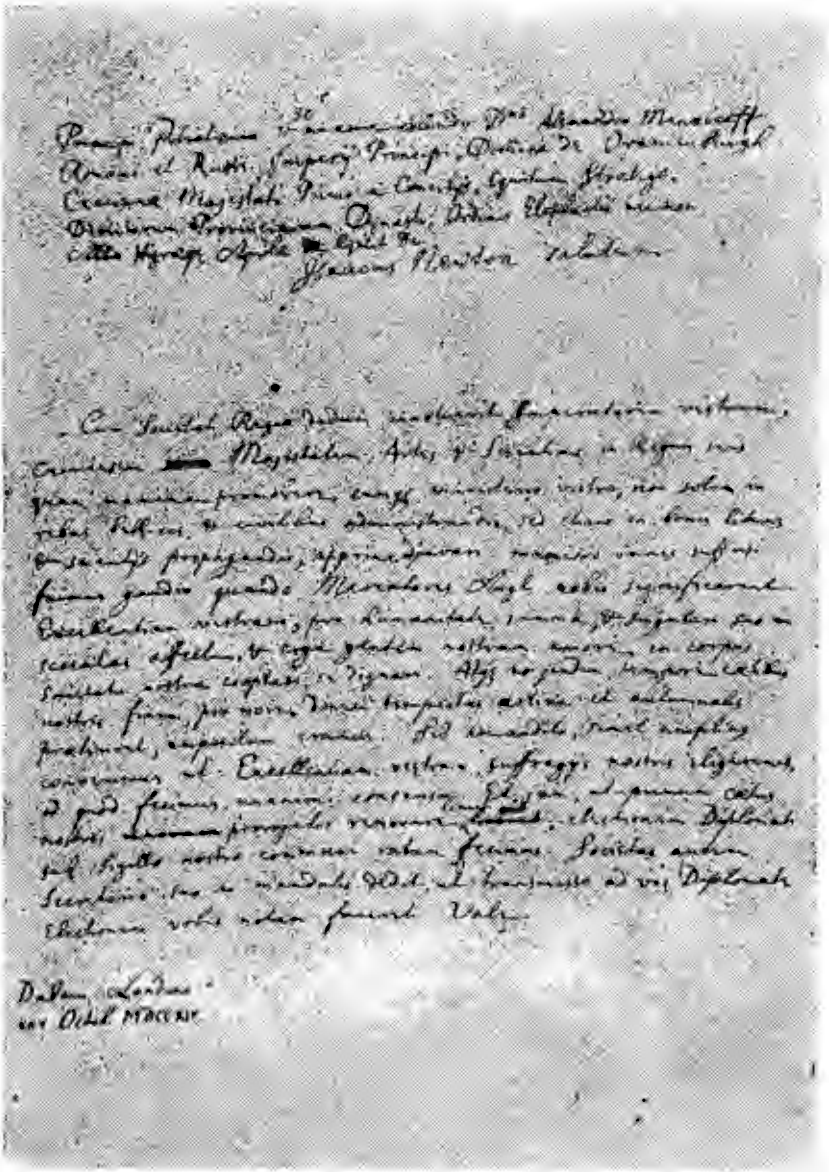
Putem cita un șir lung de filozofi și savanți care și-au însușit și au dezvoltat ideile și concepțiile religioase ale lui Newton în secolele al XVIII-lea și al XIX-lea. De aceea din punct de vedere istoric, este imposibil să nu se țină seamă de imensa influență a lui Newton și în această privință. Împletirea materialismului mecanicist primitiv cu deismul a fost caracteristică pentru foarte mulți cercetători ai naturii din secolul al XIX-lea. Întemeietorul unei asemenea concepții (deși nu într-o formă atît de grosolană și primitivă) a fost desigur Newton, iar spulberarea ei constituie marea victorie a materialismului dialectic, care a înlăturat, printre altele, principiul „invariabilității naturii" și „impulsul inițial", legat de ea, din sistemul newtonian.

ULTIMII ANI AI VIEȚII LUI NEWTON. MOARTEA LUI. ÎNCHEIERE 1713—1727

Poziția lui Newton în ultimele decenii ale vieții lui este caracterizată de Rosenberg, astfel: „Societatea regală a devenit parlamentul lui, în care nu îndrăznea să apară vreo opoziție supusă a maiestății sale; fizicieni și matematicieni tineri și talentați ai țării sale s-au constituit într-un stat-major general, care dădea lupte în locurile unde era nevoie, conducîndu-le cu atîta măiestrie, încît conducătorul suprem, ferit de înfrîngeri personale, putea să privească cu deplină liniște cîmpul de bătălie aproape ca o persoană neutră și se mărginea doar să-și exprime ideile în consiliile militare secrete și la referiri la lucrări publicate". Aceste lupte se terminau în genere cu victorii. Fizica lui Newton a cucerit treptat întreaga Europă, Franța carteziană și Germania lui Leibniz.

În Rusia mai puteau apărea următoarele rînduri: „Deși tocmai în sfînta Biblie scrie că Soarele se învîrtește de jur-împrejur, iar Pămîntul stă nemișcat, de aceea trebuie să fie crezută mai mult sf. scriptură decît părerea omului. Acest argument era respectat cu deosebire de către celebrul matematician danez Tycho Brahe, cu care sînt și astăzi de acord acei care nu vor să contrazică sf. scriptură" [1]. Dar și aici s-a

[1] Scurta descriere a cercului pămînt-apă, culeasă prin Iagan Gibuer, St. Petersburg, 1719 (V. V. Bobînin, *Bibliografia fizico-matematică rusă*, Moscova, 1885, p. 67.



Ciorna scrisorii lui Newton către A. D. Menşikov. Arhiva Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.

înfiinţat în curînd (1724), în urma sfatului lui Leibniz şi din ordinul lui Petru I, „Academia de Ştiinţe din S. Petersburg" şi, dintr-o dată, cu Bernoulli, Euler şi Lomonosov, a irupt noua fizică a lui Newton*,

* Trebuie avut în vedere calea proprie şi originală de dezvoltare a fizicii în Rusia, despre care aminteşte mereu S. I. Vavilov *(Nota red. sov.)*.

iar Euler declară că „învățătura lui Newton este cea mai potrivită pentru rezolvarea greutăților în mișcarea Lunii, cea mai încăpățînată dintre toate planetele, deși el însuși (Euler) respinge, ca o întreprindere extrem de îndrăzneață, forța de atracție, pe care discipolii lui Newton o atribuiau tuturor corpurilor și o considerau ca o însușire a materiei" (Din *Cuprinsul discuțiilor științifice ale Academiei de Științe pe anul 1746*). Lomonosov începe să viseze „că pămîntul rusesc poate să nască Newtoni proprii". Newton devine încetul cu încetul o autoritate incontestabilă în întreaga lume; chiar și erorile lui (caracterul primar al gravitației și teoria emisionistă a luminii) găsesc apărători fervenți. Voltaire și ceilalți enciclopediști îl popularizează; marchizul Algarotti scrie *Newtonism pentru doamne*, în care dă o elegantă expunere popularizată a *Opticii* (1739). Teoria sa a devenit clasică și ortodoxă, și abia în timpurile noastre începe o luptă prudentă împotriva acestui clasicism. Un exemplu instructiv al gloriei și popularității lui Newton și a Societății regale în fruntea căreia se afla, în secolul al XVIII-lea, este scrisoarea (în limba franceză) a prințului A.D. Menșikov, unul din apropiații lui Petru cel Mare, către Newton, din 23 august 1714, prin care îl roagă să fie admis ca membru al Societății. S-au păstrat trei ciorne după răspunsul lui Newton către Menșikov, în limba latină. Una din aceste ciorne a fost trimisă în dar, în 1943, Academiei de Științe a U.R.S.S. de către Societatea regală și se află astăzi în arhivele Academiei [1]. Reproducem mai jos traducerea acestui document deosebit de prețios:

„Preaputernicului și preaonoratului stăpîn, domnului Alexandru Menșikov, prinț al Imperiilor Roman și Rus, stăpînul Oranienburgului [2], pri-

[1] O dată cu ciorna autografă a lui Newton, Societatea regală a trimis în dar Academiei de Științe a U.R.S.S. un exemplar al primei ediții a *Principiilor* într-o legătură modernă de marochin.

[2] Corect — Oranienbaum.

mul consilier al Consiliului maiestății sale țarului, mareșal, guvernator al regiunilor cucerite, cavaler al Ordinului Elefantului și al Ordinului Suprem al Vulturului Negru etc. — Isaac Newton îi trimite salutul său.

„Întrucît Societății regale i s-a adus la cunoștință, că împăratul dv. [1], majestatea sa țarul, sprijină cu cea mai mare rîvnă dezvoltarea artelor și științelor pe domeniile sale și că prin serviciile dv. îl ajutați nu numai în conducerea treburilor militare și civile, dar înainte de toate și în răspîndirea cărților bune și a științelor, ne-a cuprins pe toți bucuria cînd negustătorii englezi ne-au adus la cunoștință că excelența voastră, prin înalta sa instrucțiune, prin năzuința deosebită spre științe, precum și ca urmare a dragostei pentru poporul nostru, ați dori să aderați la Societatea noastră. În acea perioadă noi, după obicei, am întrerupt adunările pînă la sfîrșitul verii. Dar aflînd despre aceasta, ne-am adunat cu toții pentru a alege pe excelența voastră, fiind unanimi în această hotărîre. Și acum, folosind chiar prima noastră adunare, noi confirmăm această alegere prin diploma întărită cu sigiliul comunității noastre. Societatea a dat dispoziții secretarului său să vă transmită diploma și să vă aducă la cunoștință alegerea dv. Vă doresc sănătate.

Dată la Londra, la 25 octombrie 1714".

Astfel a devenit A.D. Menșikov primul membru rus al Societății regale. Bineînțeles această alegere a fost un act pur politic, semnificativ însă în două privințe. Alegerea exprima înalta apreciere a marii revoluții culturale ce se desfășura în Rusia, la nivelul cel mai înalt al culturii europene, și totodată ea arăta ce

[1] Newton îi atribuie prematur lui Petru I titlul de împărat. În realitate, abia în 1721, în cinstea glorioasei păci de la Nijstadt, senatul și sinodul l-au rugat pe Petru să accepte titlurile de împărat, părinte al patriei și cel Mare. Acest act a provocat însă la început proteste din partea multor state străine.

însemna pentru noua Rusie aureola științifică a lui Newton și a Societății regale.

Deși ajuns la adînci bătrînețe, Newton nu-și încetase activitatea științifică, chiar și cea experimentală. În legătură cu aceasta vom cita scrisoarea sa către doctorul Low, din 15 decembrie 1716:

Sculptură în ceară a lui Newton. Pe coloana laterală se văd cunoscutele versuri ale lui A. Pope.

„Dragă doctore! Acela care scormonește în ruinele adînci ale cunoașterii, trebuie, ca orice miner, să iasă din timp în timp la suprafață și să respire aer curat. Într-una din aceste pauze îți scriu d-tale acum, prietene. Mă întrebi, cum reușesc, cu toate aceste ocupații, să-mi mențin sănătatea. Ah, scumpe doctore, ai o părere mult mai bună despre lenețul d-tale prieten, decît o are el despre sine. Morfeu este însoțitorul meu nelipsit; fără 8—9 ore de somn, corespondentul d-tale nu este bun de nimic. La început ocupațiile mele au făcut rău digestiei, dar acum mănînc cu poftă, precum ai să vezi cînd voi veni la d-ta. M-am ocupat mult cu fenomene minunate, care apar cînd pui în atingere un ac cu o bucată de chihlimbar sau cauciuc frecat de o țesătură de mătase. Scînteia produsă mi-a amintit un fulger de dimensiuni foarte mici. Dar nu mă voi ocupa de filozofie în scrisori, vom discuta destul cînd voi vizita Sackley. Am scris scrisoarea la orele

9,05, și mi-a luat 10 minute, și iată că a sosit mylord Sommerset".

Dacă ținem seama că Newton a lucrat și în domeniul acusticii, cel puțin teoretic, vedem că urmele activității sale pot fi constatate în toate domeniile fizicii: în mecanică, în căldură, în teoria despre sunet, lumină, electricitate și magnetism și în domeniul acelor fenomene, care astăzi sînt reunite sub denumirea de „fizică moleculară".

În ultimii ani ai vieții sale Newton a fost ocupat cu scrierea *Cronologiei* și cu pregătirea ediției a treia a *Principiilor*. A doua ediție a fost scoasă într-un tiraj redus și s-a epuizat repede; Newton a strîns destule îndreptări și note la ediția a doua. El a încercat, probabil, să se ocupe din nou de teoria mișcării Lunii și a cometelor; în orice caz, a cerut noului director al Observatorului de la Greenwich, Halley, în decembrie 1724 (cînd împlinise vîrsta de 82 ani), informații suplimentare despre cometa din anul 1680, intenționînd să le folosească în ediția a treia a *Principiilor*.

Pentru a-l ajuta pe Newton la reeditarea *Principiilor*, i-a fost recomandat un tînăr medic Pemberton care, cu toate că nu avea studii speciale fizico-matematice, a citit *Principiile* și le-a înțeles. Ca și pe vremuri cu Cotes, Newton a început o lungă corespondență cu Pemberton. Scrisorile lui Pemberton s-au păstrat, însă răspunsurile lui Newton s-au pierdut. În ediția a treia n-au fost modificări atît de multe și importante, ca în ediția a doua, și munca de reeditare a fost mai ușoară și mai simplă. Newton a scos din noua ediție un paragraf în care recunoștea că Leibniz a descoperit analiza infiniților mici independent de el. Această nedreptate va rămîne pe veci ca o urmă a unei dispute supărătoare și lipsite de sens între două genii.

Tipărirea cărții a început la sfîrșitul anului 1723 și s-a terminat în martie 1726.

Triumful științific al lui Newton în ultimele decenii se împletea într-un anumit grad cu o bunăstare exterioară: onorurile palatului, respectul discipolilor, în-

grijire bună acasă. Nepoata sa a continuat să locuiască la el și nu s-a despărțit de el nici după ce s-a măritat pentru a doua oară cu Condwitt. Bătrînețea lui a fost liniștită, fără complicații și zguduiri bruște. Abia la vîrsta de 80 de ani s-a constatat la Newton o afecțiune serioasă a băsicii, însoțită de o litiază. Cu toate că deținea o funcție înaltă, el a rămas pînă în ultimele zile modest și simplu în relațiile cu oamenii și în îmbrăcăminte. După mărturia multor contemporani, în înfățișarea sa exterioară Newton nu avea nimic deosebit, care să atragă atenția. Era de statură submijlocie, îndesat și cu o privire vie și pătrunzătoare. Numărul destul de mare de portrete în ulei confirmă părerile contemporanilor săi. Newton se bucura de o sănătate excelentă; pînă la sfîrșitul vieții sale el a pierdut doar o singură măsea și și-a păstrat pînă la sfîrșit un păr des și frumos, de un alb splendid la bătrînețe, după mărturia lui Condwitt. Părul și-l lega uneori cu o fundă, după cum se vede din portretul făcut de Stukeley. Newton nu era un bun tovarăș de conversație, fiind mereu cufundat în gînduri. În legătură cu aceasta s-au păstrat multe anecdote despre felul său de a fi distrat. Econom și socotit, el își ajuta totuși întotdeauna cu plăcere prietenii și rudele. După moartea sa a rămas o moștenire importantă, de 32 000 lire sterline.

Starea sănătății lui Newton s-a înrăutățit vizibil în 1725. În acest an Londra a fost vizitată de preceptorul lui Ludovic al XV-lea, abatele Alary, și Newton a putut prezida încă ședința solemnă a Societății regale, ținută cu acest prilej. Despre vizita lui Alary a rămas următoarea relatare în *Scrisorile istorice* ale lui Bolingbroke: „Cînd la orele 9 dimineața abatele Alary l-a vizitat pe Newton, acesta a început conversația spunînd că are deja 83 de ani. Abatele era un cunoscător al autorilor greci și latini și i-a plăcut bătrînului savant, care l-a reținut la dejun. Newton fiind zgîrcit, masa a fost groaznică, băuturile cu care l-a tratat pe mosafirul său erau vinuri proaste de Madera și de Palma. După dejun, l-a condus pe mosafir la Societatea regală și l-a așezat la dreapta lui. Ime-

diat după începerea ședinței, Newton a adormit. Abatele a fost nevoit să se întoarcă la Newton acasă și să rămînă acolo pînă la orele 9 seara".

Din 1725 Newton și-a încetat de fapt serviciul la Monetărie și și-a predat funcțiile soțului nepoatei sale — Condwitt. Din considerente climaterice, rudele l-au mutat la Kensington (pe atunci o periferie a Londrei). Aici, sănătatea lui s-a îndreptat binișor și i-a permis să vină deseori la Londra. La 28 februarie 1727 el a sosit la Londra pentru a prezida ședința Societății regale. La înapoiere la Kensington, la 4 martie, el a avut o criză de litiază. Cîteva zile mai erau seperanțe că se va însănătoși; la 18 martie Newton mai citise ziarele și avusese o convorbire cu medicul său și cu Condwitt. În seara aceleiași zile el și-a pierdut cunoștința și a murit liniștit în noaptea de 20 spre 21 martie, în vîrstă de 84 de ani. Corpul lui Newton a fost adus de la Kensington la Londra și înmormîntat în cadrul unei ceremonii solemne la Westminster. Peste patru ani, rudele lui Newton au ridicat la mormîntul său un monument cu chipul lui, decorat cu diferite embleme și simboluri.

Epitaful de pe mormînt are următorul text:

> „Aci se odihnește sir Isaac Newton, nobil, care cu o rațiune aproape divină a demonstrat cel dintîi, cu făclia matematicii, mișcarea planetelor, căile cometelor și fluxurile oceanelor.
>
> El a cercetat deosebirile razelor luminoase și diferitele culori care apar în legătură cu acestea, ceea ce nu bănuia nimeni înaintea lui. Interpret sîrguincios, înțelept și corect al naturii, al antichității și al sf. scripturi, el a afirmat prin filozofia sa măreția Dumnezeului atotputernic, iar prin caracterul său exprima simplitatea evanghelică. Să se bucure muritorii, că a existat o asemenea podoabă a speciei umane. Născut la 25 decembrie 1642, decedat la 20 martie 1727".

Pe statuia ridicată lui Newton în 1755 la Trinity-College la Cambridge, se află următoarea inscripție

laconică din Lucrețiu: *Qui genus humanum ingenio superavit* (Prin mintea lui el depășea specia umană).

S-ar putea înșira o listă foarte lungă de opinii despre Newton, în care oamenii au epuizat toate epitetele superlative pentru a sublinia măreția sa: genial, divin, mare, supraom etc. Celebre sînt versurile poetului englez Alexander Pope:

„Nature and nature's laws lay hid in night,
„God sad: „Let Newton be!". And all was light.
(Natura și legile naturii în vălmășag de bezne,
puterea cea divină
A spus: „Să fie Newton!" Și s-a făcut lumină.)

Editorul *Elementelor filozofiei lui Newton* (1738) de Voltaire a împodobit cartea cu o gravură în care Newton, arătat ca un zeu, cu compasul în mînă, tronează pe un nor, rezemat de sfera cerească.

Mai spontan decît alții și-a exprimat entuziasmul matematicianul L'Hôpital, mirîndu-se că autorul *Principiilor* mănîncă, bea și doarme ca ceilalți oameni. Aceste epitete nu sună însă retoric, ele reflectă o sinceritate autentică. Cu mijloacele imperfecte ale vorbirii umane, am dori să exprimăm pe scurt însemnătatea operei lui Newton în istoria gîndirii umane, precum și caracterul extraordinar al personalității sale.

Să facem pentru o clipă următoarea experiență mentală: să ne închipuim că numele lui Newton este șters din istoria științei, că n-ar fi existat. Ce s-ar fi întîmplat? N-avem nici un motiv să ne îndoim că prin eforturile unite ale lui Hooke, Halley, Leibniz și ale urmașilor lor, omenirea ar fi dobîndit, într-un fel sau altul, rezultatele cuprinse în *Principii*, în *Optica* și în lucrările matematice ale lui Newton. Dar, pe de altă parte, este indiscutabil că aceasta s-ar fi produs mult mai tîrziu. Cînd? E o întrebare la care nu există răspuns. În orice caz, nici Hooke nici Leibniz nici Huyghens n-au creat lucrări echivalente *Principiilor* și *Opticii* și nici nu puteau să le creeze. Însăși ideea gravitației, ca o ficțiune matematică, care i-a speriat pe mulți chiar după apariția *Principiilor*, i se părea inadmisibilă lui Leibniz, Huyghens, iar mai

tîrziu lui Euler și Lomonosov. Se poate crede că fizicienii, ca și Hooke și Huyghens, s-ar fi împotmolit multă vreme în ipoteze despre „cauza gravitației" înainte de a ajunge la legea formală a lui Newton.

Lui Newton îi aparține extraordinara „metodă a principiilor", care a permis temporar ocolirea misterelor nelămurite. A formula principii a însemnat îndreptarea gîndirii umane pe anumite căi; principiile ar fi putut lua o altă formă, s-ar fi putut, cum a arătat de pildă Hertz, lipsi de noțiunea forței; în acest sens Newton a impus fizicii modul său de a gîndi, „clasic", cum spunem noi astăzi. Noi am gîndit și am vorbit în limbajul lui Newton și abia acum se fac încercări de a se inventa un nou limbaj. Iată de ce se poate afirma că întreaga fizică a purtat amprenta individuală a gîndirii sale; fără Newton știința s-ar fi dezvoltat altfel*.

Lagrange, care îl denumea adesea pe Newton cel mai mare geniu care a existat vreodată, adăuga imediat: „el este cel mai fericit, căci sistemul lumii poate fi stabilit numai o singură dată". În istoria științei sînt mulți „fericiți", care au descoperit întîmplător fapte fundamentale; descoperirea acțiunii curentului asupra acului magnetic de către Oersted în 1820, expusă într-un memoriu de două pagini mici, a creat o epocă în știință și în tehnică. Descoperirea întîmplătoare a radioactivității de către Becquerel a dat naștere fizicii nucleului atomic. Newton n-a fost un astfel de „fericit"; el datorează succesele sale, după cum spune el însuși, „hărniciei și gîndirii răbdătoare". Această gîndire a fost nouă și genială, dar totodată extrem de încordată și îndîrjită. Caracteristicile geniului său cuprind, în afara calității, și aspectul cantitativ.

Newton a fost un fizician, un fizician înainte de toate. Laboratorul său uriaș a fost domeniul astronomiei, iar instrumentele sale geniale au fost metodele

* Firește, prin aceasta nu se înlătură problema necesității istorice, în cadrul căreia se dezvoltă știința *(Nota red. sov.)*.

matematice. Newton nu s-a lăsat antrenat de latura pur astronomică și matematică a activității sale, ci a rămas de preferință fizician. În aceasta constă neobișnuita tenacitate și economia gîndirii sale. Pînă la Newton și după el, pînă în timpurile noastre, omenirea n-a cunoscut o manifestare a geniului științific, de o forță și o durată mai mare. Fără îndoială, au fost și vor mai fi opere echivalente prin însemnătatea lor cu *Principiile* (teoria cîmpului electromagnetic, teoria atomilor și electronilor, teoria relativității, mecanica cuantelor etc.). Newton a fost primul care și-a dat seama de aceasta. Spencer ne comunică următoarele cuvinte ale lui Newton, rostite cu puțin înaintea morții sale: „Nu știu cum arăt eu în fața lumii, dar mie mi se pare că sînt un băiat care se joacă pe malul mării și se distrează căutînd din timp în timp pietricele mai colorate decît de obicei, sau o scoică roșie, în timp ce marele ocean al adevărului se întinde necunoscut în fața mea".

PRINCIPIILE ȘI IPOTEZELE OPTICII LUI NEWTON*

*Ego vero incerta certis miscere nolo***
NEWTON

Cuvintele din *motto* fuseseră scrise de Newton în 1671, în primul său memoriu; o afirmare mai categorică a lui *Hypotheses non fingo* (Eu nu inventez ipoteze) a apărut în a doua ediție a *Principiilor*, din 1713, în ultima perioadă a vieții sale. A nu amesteca lucrurile nesigure cu cele sigure, ipotezele cu principiile — era o regulă riguros respectată de Newton. *Hypotheses non fingo* — era doar o concluzie a unei îndelungi experiențe, o metodă indicată de bătrînul Newton generației tinere. El însuși a inventat destule ipoteze, dar ele sînt întotdeauna net delimitate de ceea ce e sigur, de principii și de teorie. Ipotezele lui Newton sînt expuse în memoriul din 1675, publicat abia după 30 de ani de la moartea sa, în „chestiunile" din *Optica*, aparent cu totul separate de textul principal, conținînd după însuși titlul lor lucruri nesigure, și în fine, în scrisorile particulare către Boyle, Bentley, Barnet și alții, precum și în lucrările sale teologice. Partea oficială a scrierilor lui Newton — *Principiile*, textul principal al *Opticii*, *Cursuri de optică*, lucrările și memoriile de matematică, publicate în *Philoso-*

* Articol scris în 1927 cu prilejul aniversării a 200 de ani de la moartea lui Newton pe baza traducerilor din lucrările optice ale lui Isaac Newton de S. I. Vavilov — *N.R.*

** Eu nu vreau să amestec lucrurile sigure cu cele nesigure.

phical Transactions nu conțin ipoteze, cel puțin în mod deliberat.

Ipotezele lui Newton sînt instrumente provizorii, folosite pentru descoperirea principiilor și apoi înlăturate, fie ca nesigure, fie ca inutile. El relevă și un alt sens, popularizator, al ipotezelor sale. În memoriul din 1675 el scrie: „Am constatat că unii, pe care nu-i pot convinge de justețea părerii mele, vorbind abstract despre natura luminii și a culorilor, ar fi căzut ușor de acord cu mine, dacă le-aș fi explicat raționamentul meu cu ajutorul vreunei ipoteze. Din această cauză am considerat nimerit să vă trimit o descriere a detaliilor ipotezei, care nu are ca scop decît lămurirea memoriului pe care vi l-am expediat o dată cu ea. Eu însumi nu voi accepta nici această ipoteză, nici alta..."[1] Înlăturînd sau declarînd fără valoare ipotezele, Newton a asigurat moștenirii sale științifice acea trăinicie, pe care n-a destrămat-o și n-o poate destrăma dezvoltarea continuă a fizicii. Principiile lui Newton sînt durabile în aceeași măsură în care este ireproșabilă experiența al cărui echivalent sînt; ele pot fi completate, generalizate, supuse unor corecturi, însă în esența lor ele rămîn indestructibile.

Monumentul lui Newton la Cambridge.

[1] I. Newton, *O ipoteză care explică însușirile luminii*. Traducere de S. I. Vavilov, „Uspehi fiziceskih nauk", 7. Seria II, 136, 1927.

După două secole și jumătate de la apariția primelor lucrări ale lui Newton, raporturile dintre principii și ipoteze, ca metode ale științelor naturii, au devenit cu totul pașnice. Ca modele ireproșabile ale fizicii principiilor s-au dezvoltat, apoi, mecanica, termodinamica, electrodinamica, teoria relativității și, paralel cu ele, asemenea modele ale fizicii ipotezelor, ca: teoria moleculelor, teoria electronilor, optica lui Young-Fresnel etc. Uneori, ipoteza devenea principiu, certitudine (atomii). Apăreau teorii care foloseau concomitent ambele metode, în care găsim și principii, și ipoteze (teoria lui Bohr). Ambele metode s-au dovedit necesare, dar ele sînt încă departe de a se contopi în acea fizică unică, la care aspirau savanții din secolul al XVII-lea (Descartes, Newton).

Mai ales în optică, cu care a început Newton, situația rămîne, în linii generale, aproape aceeași ca și pe vremea sa. Continuă disputa între ipoteza undelor și cea a corpusculilor, se caută, ca și atunci, soluții de compromis, iar principiile — însușirile luminii nu sînt cuprinse în totalitatea lor de nici una din ipoteze.

Mai jos sînt reamintite principiile și ipotezele opticii lui Newton și se schițează sumar destinul lor istoric ulterior.

1. ORIGINEA LUCRĂRILOR DE OPTICĂ ALE LUI NEWTON

Izvorul preocupărilor științifice ale lui Newton, în care se întretaie cele trei făgașe principale — optica, mecanica cerească și cercetările matematice — este *telescopul-reflector*. Căutarea unei forme perfecte de lentile optice, cu cea mai mică eroare de aberație, este pretextul practic probabil al primelor lucrări geometrice ale lui Newton. Descoperirea dispersiei luminii este o consecință directă a lucrărilor sale de perfecționare a sticlelor telescopice. Obiectul însuși

al telescopului — planetele și sateliții lor — a îndreptat atenția sa spre mecanica cerească. În sfîrșit, îndelungatele lucrări de chimie, ale căror rezultate ne sînt foarte puțin cunoscute, au avut ca scop inițial găsirea aliajelor potrivite pentru confecționarea oglinzilor metalice ale reflectoarelor. Aceste experiențe de chimie i-au servit ulterior lui Newton la Monetăria din Londra. Astfel, este firesc să căutăm *pretextul exterior* al dezvoltării gîndirii sale în domeniul tehnicii de perfecționare a telescoapelor, care-l preocupa.

Este greu de stabilit ce anume influențe puternice s-au exercitat asupra lui Newton sau vreo filiație, cu excepția poate a tradiției matematice a lui Barrow. El i-a studiat pe Descartes, Kepler, de Dominis, însă în primele sale memorii despre optică nu se vor putea găsi decît urme aproape imperceptibile ale acestor lecturi. El a abordat studiul naturii ca și cum pînă la el nu s-ar fi făcut nimic. Primul principiu cartezian: „Pentru cercetarea adevărului trebuie ca o dată în viață să ne îndoim, pe cît e posibil, de toate", a fost respectat de Newton într-o măsură mult mai mare decît de Descartes. Dar „ideile erau în aer"; dacă nu se poate vorbi despre influența unor persoane, tendința generală a epocii și-a lăsat fără îndoială amprenta asupra activității excepționale a lui Newton. Ajunge să confruntăm unele date din istoria opticii în secolul al XVII-lea:

În 1660, Grimaldi, în Italia, descoperă difracția luminii.

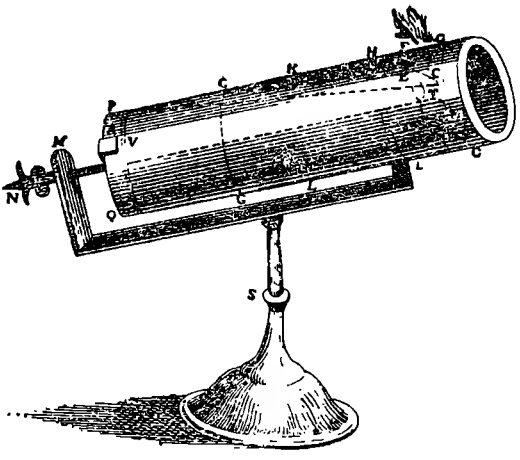
În 1665, Hooke, în Anglia, descrie fenomenele de interferență în lame subțiri.

În 1666—1667, Newton descoperă dispersia luminii și culorile simple.

În 1669, Bartholinus, în Danemarca, descoperă dubla refracție a luminii în cristalele spatului de Islanda.

În 1675, Newton demonstrează periodicitatea luminii.

În 1675, Römer, la Paris, determină viteza luminii.



Telescopul lui Newton.

În decurs de 15 ani, oameni diferiți, care aproape că nu s-au cunoscut între ei, în diferite țări, au pus bazele opticii fizice și au descoperit aproape toate însușirile principale ale luminii. În acest sens, Newton a fost omul epocii sale.

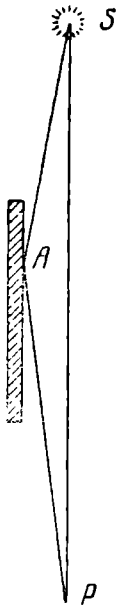
Lucrările de optică ale lui Newton sînt numeroase. În 1672 a fost publicat primul său memoriu: *Teoria luminii și a culorilor*, în 1675 a fost prezentat Societății regale un alt memoriu amplu[1], cuprinzînd ipoteza despre natura luminii și descrierea experiențelor cu inelele de interferență. Între timp, în *Philosophical Transactions*, el ducea o polemică îndelungată cu numeroșii săi preopinenți. În 1729, după moartea lui Newton, au fost editate, după manuscris, *Cursurile de optică* pe care le-a ținut la Cambridge în anii 1669, 1670 și 1671. În 1704 Newton editează pentru prima oară *Optica*. În ea sînt cuprinse aproape toate cercetările sale în domeniul luminii. În sfîrșit, teoria matematică a refracției luminii este prezentată în *Principii*, și tot acolo întîlnim și alte reflecții cu privire la optică, printre altele, despre presiunea luminii Corespondența lui Newton conține de asemenea un bogat material de optică, printre altele, privitor la probleme de optică fiziologică. Lucrările sale de optică, cu excepția memoriului din 1675 și a scrisorilor au fost editate integral la Padova într-un volum separat, în 1749, în limba latină.

[1] Aceste memorii au fost traduse de S. I. Vavilov (v.„Uspehi fiziceskih nauk", 7. Seria II, 1927, pp. 121—163).

Metoda principiilor a lui Newton are două laturi — o latură analitică și una sintetică, căutarea principiilor înseși și deducerea din ele a consecințelor matematice. Prima latură este experimentală, a doua — matematică. În *Principii*, în domeniul mecanicii găsim îndeplinite ambele sarcini. În *Optică* el a realizat nu numai prima parte, cea analitică, a descoperit principiile, însușirile fundamentale ale luminii. Fontenelle a denumit opera lui Newton — „o anatomie a luminii". În variațiile luminii zilei, în schimbările permanente ale coloratiei și luminozității, el a descoperit elementul invariabil — culorile simple. Din ele se compune orice culoare și ele sînt constante, un fel de atomi ai opticii. „Felul de lumină, — scria Newton în «doctrina» sa din 1671 — propriu fiecărui fel de raze, nu se modifică nici prin refracție, nici prin refleflexie de la corpuri naturale, nici în urma vreunei alte cauze, pe care am putut s-o observ". Culoarea verde a miniului și culoarea roșie a azurului, obținute în urma iluminării lor cu lumina corespunzătoare prin monocromator, au constituit o mare surpriză pentru Newton și cu atît mai mult pentru contemporanii și urmașii săi. Răsunetul acestei descoperiri surprinzătoare a persistat încă în secolul al XVIII-lea. Invariabilitatea culorilor simple a fost cîntată în versuri[1].

Mais quoi? De ces rayons la subtile structure,
Ne peut ni s'altérer, ni changer de nature.
L'art ne la détruit point, et des efforts vainquer,
Le rayon rouge ou bleu conserve sa couleur.

[1] D u l a r d, *La grandeur de Dieu dans les merveilles de la nature*, poème, Paris, 1758, p. 29. „Dar ce este asta? Structura subtilă a acestor raze nu se poate altera, nici să-și schimbe firea! Nici o artă n-o poate distruge, și raza roșie sau albastră își păstrează culoarea, învingînd toate eforturile. Cea mai mică părticică de apă, lumină, aer nu poate fi distrusă, o, înțelepciune eternă. Orice ființă corporală, ieșită din comoara ta, poate fi nimicită numai de către puterea ta".



D'eau, de lumière, d'air la plus faible parcelle
Ne peut être détruite, ô, Sagesse éternelle.
Tout Etre corporel, de tes trésors sorti,
Par ton pouvoir lui seul peut être anéanti.

Din ultimele rînduri se vede că și poeții trăgeau de aici concluzia caracterului corporal al luminii, comparînd-o cu atomii; aceeași concluzie, ce-i drept într-o formă foarte prudentă, a exprimat-o Newton în memoriul său.

Invariabilitatea luminii simple este primul și cel mai important principiu al opticii newtoniene. Cu ce precizie și certitudine a fost el stabilit? Probabil că Newton a avut destule greutăți cu extractul galben de nefrită, care capătă o culoare albastră la lumina zilei (fluorescența esculinei). Dacă iluminarea acestui extract s-ar fi efectuat cu o lumină violetă pură, principiul lui Newton, cel puțin pentru fizica secolului al XVII-lea, ar fi fost încălcat, căci la iluminarea cu lumina violetă ar fi apărut o luminozitate albastră.

Monocromatorul său n-a fost însă destul de perfect, deși el a folosit un dispozitiv colimator cu o fantă îngustă; la iluminare uniformă Newton n-a observat fluorescența și principiul a fost salvat. Avem aici unul din acele exemple, destul de frecvente, cînd imperfecțiunea experimentului a contribuit la dezvoltarea științei. Este greu să ne închipuim haosul de noțiuni optice, care ar fi apărut dacă deplasarea lui Stokes ar fi fost descoperită în secolul al XVII-lea.

Newton a apreciat constanța și variabilitatea culorii după coloratie și refracție, cu alte cuvinte, principiul a fost stabilit cu o precizie care nu depășește 10 $m\eta$ sau aproximativ 1—2 procente din lungimea de undă. Ce s-a întîmplat cu principiul lui Newton în cei 250 de ani de dezvoltare a opticii? A fost oare confirmat

cu o mai mare precizie sau a suferit modificări? S-a întîmplat și una și alta.

Pentru oglinzi imobile și corpuri refringente, în zona vizibilă a spectrului, coloraţia razei (mai exact, frecvența ei) rămîne invariabilă, cu un grad de precizie colosal. Ne putem convinge de aceasta prin cea mai simplă experiență de interferență; să admitem că de la punctul luminos S (fig. p. 252) lumina ajunge în ochiul P. O parte a fasciculului merge în linie dreaptă, cealaltă parte, coerentă cu ea, se reflectă de la oglindă în A. Ochiul observă franje de interferență. Dacă la reflexia de la oglindă s-ar fi produs o cît de mică variație a frecvenței luminii, atunci în P s-ar fi produs interferența razelor cu frecvențe diferite și ar fi apărut „bătăi", adică franjele ar fi părut mobile. Un șir continuu de unde nu se emite decît în decurs de aproximativ a 1/100 000 000 parte dintr-o secundă, de aceea mișcările franjelor nu pot fi observate la o variație mică a frecvenței, în schimb franjele de interferență vor deveni mai puțin pronunțate sau vor dispărea practic cu totul. Nu e greu de calculat că dacă lungimea de undă a luminii vizibile s-ar fi modificat la reflexie cu 10^5 —10^6 , atunci decolorarea franjelor ar fi devenit vizibilă. În experiență acest lucru nu are loc, și, prin urmare, se poate afirma că principiul lui Newton se realizează cu o precizie de aproximativ 1/1 000 000% (din lungimea de undă). Observația spectroscopică directă confirmă principiul lui Newton cu o precizie de aproximativ 1/100 000 %.

Sensul teoretic al principiului apare foarte limpede în teoria ondulatorie a luminii, fiind un rezultat evident al teoriei oscilațiilor forțate. Însă pe baza aceleiași teorii ondulatorii, principiul lui Newton cere un corectiv pentru sistemele în mișcare (efectul lui Doppler—Fiseau—Michelson). Lucrările lui A.A. Belopolski cu reflexia multiplă a luminii de la oglinzi mobile au demonstrat aceasta prin experiență directă[1].

[1] Vezi Analele Academiei de Științe din Petersburg, 13, 461, 1900; vezi de asemenea A. A. Belopolski, *Astrospectroscopia*, Petrograd, 1921, p. 98.

Culoarea sau lungimea de undă se modifică simțitor la reflexie de la o oglindă mobilă. În ultimul timp, Schrődinger a demonstrat că efectul Doppler rezultă nu numai din teoria ondulatorie, ci și din teoria cuantelor luminoase, dacă, presupunînd conservarea energiei și a cantității de mișcare, postulăm invariabilitatea constantei h.

Efectul Doppler nu înlătură, firește, principiul lui Newton, ci îl generalizează doar pentru sistemele mobile. E un caz tipic de evoluție a unui principiu.

Mult mai simțitor, de data asta în esența sa, a fost atins principiul lui Newton prin efectul Compton[1]. După teoria lui Compton-Debye, raza de lumină, prin împrăștiere de către electroni liberi sau slab legați, suferă o variație relativă a lungimii de undă:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 0{,}00482\,\frac{\sin^2\frac{\theta}{2}}{\lambda}*$$

în care θ este unghiul format de raza incidentă și cea reflectată. Teoria a fost în mod strălucit confirmată de experiență. Variația lungimii de undă sau a colorației poate atinge valori procentuale colosale pentru raze de înaltă frecvență, modificîndu-se de două, de trei și de zeci de ori. Pentru aria vizibilă, modificarea procentuală este neglijabil de mică și se află dincolo de limitele indicate mai sus. Teoria lui Compton unifică, pînă la un anumit grad, fenomenele de difuzie a luminii și de fluorescență (sau radiația de rezonanță). Într-un caz și într-altul, la ciocnirea cuantei cu atomul, se produce o deplasare a unui electron în atom și energia dobîndită de electron se scade din cuanta $h\nu$; postulatul invariabilității lui h duce la necesitatea micșorării lui ν. Din acest punct de vedere experiențele lui Newton cu extract de nefrită sînt un model îndepărtat al experiențelor lui Compton. În orice caz, principiul lui Newton s-a dovedit a fi

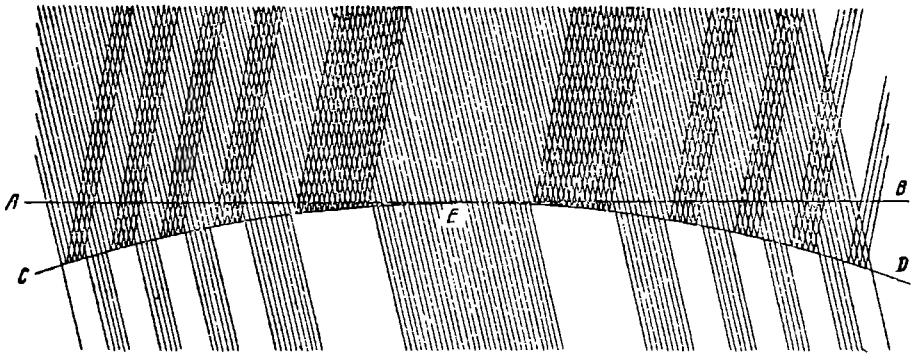
[1] Vezi „Uspehi fiziceskih nauk", 1926, 6, 142.

* Dacă λ se exprimă în $m\mu$ (1 $m\mu$ = 10^{-6} mm). — *N.R.*

doar un caz particular al unui principiu mult mai larg, prea puțin asemănător în forma sa generală cu principiile de invariantă. Dar, ca orice principiu bazat pe experiența precisă, el s-a generalizat și și-a păstrat valabilitatea reală în limitele determinate.

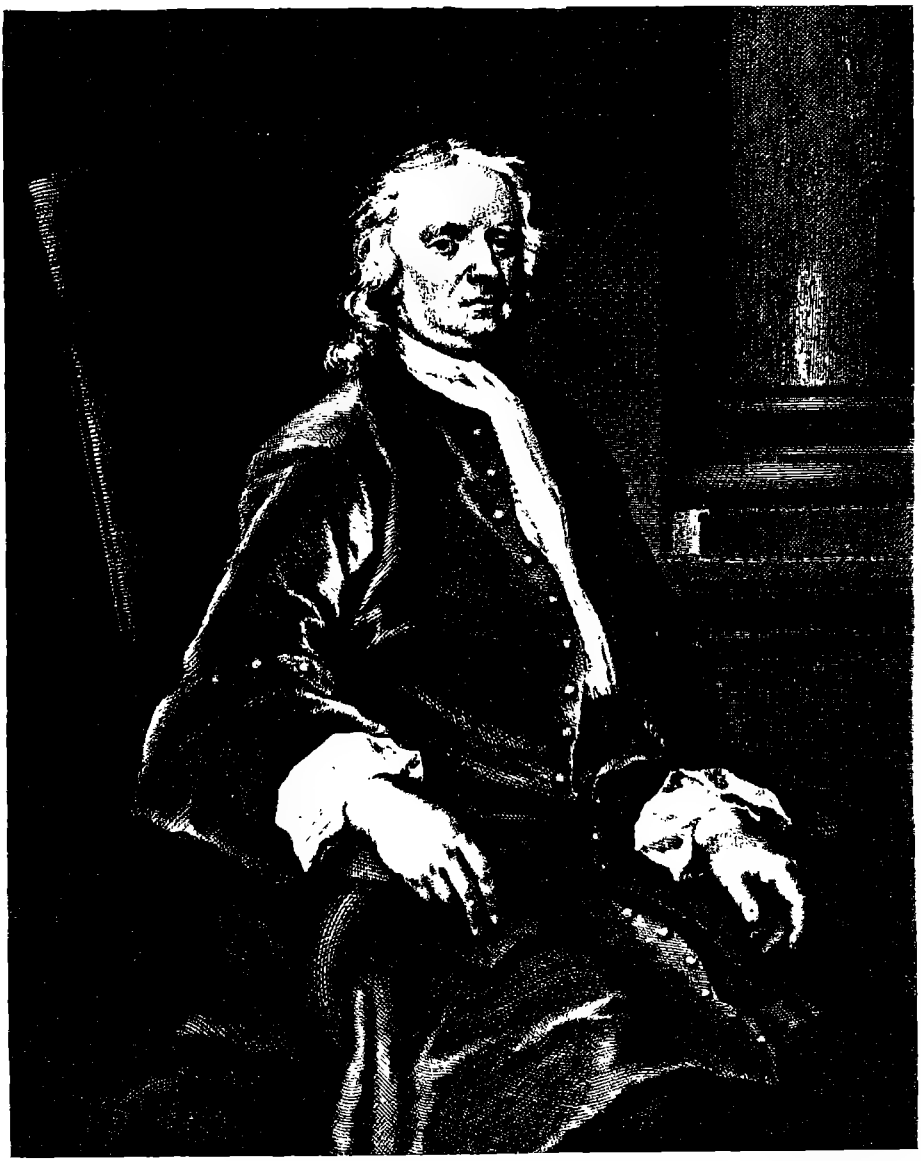
.3 PRINCIPIUL PERIODICITĂȚII LUMINII

În tratatul său *Physico Mathesis de Lumine, coloribus et iride* (Bologna, 1665), Grimaldi a întrevăzut pentru prima oară posibilitatea fenomenelor de interferență. „Uneori lumina transformă o suprafață deja luminată într-una mai întunecată" (propoz. XXII). Pentru a-și susține ideea, el citează experiențe întrucîtva asemănătoare cu celebrele experiențe ale lui Young cu două orificii. Însă întunecarea observată de el a fost, probabil, datorită difracției, căci în condițiile experienței sale interferența pură nu putea fi observată. Cu Newton s-a produs exact contrariul. El a descoperit fenomenul de interferență pură în inelele întunecate și luminoase, în lamele subțiri și groase, dar n-a recunoscut că aceasta înseamnă încălcarea principiului suprapunerii intensităților. Interpretarea sa „energetică" a inelelor întunecate și luminoase se vede din fig. din p. 256 (luată din cartea a II-a a *Opticii*). Inelele întunecate corespund absenței reflexiei, în aceste locuri lumina trece de la un capăt la altul. Nu există aici o încălcare a suprapunerii, ci doar o succesiune de treceri și reflexii. Principiul suprapunerii este confirmat prin experiența de toate zilele (pentru fascicule necoerente) și Newton n-avea nici un motiv să presupună posibilitatea încălcării lui. Din momentul însă, cînd teoria mișcării ondulatorii a căpătat forme reale și s-a clarificat noțiunea de *coerență*, încălcarea locală a suprapunerii luminii a devenit principial posibilă. Interpretarea inelelor prin trecerile și reflexiile

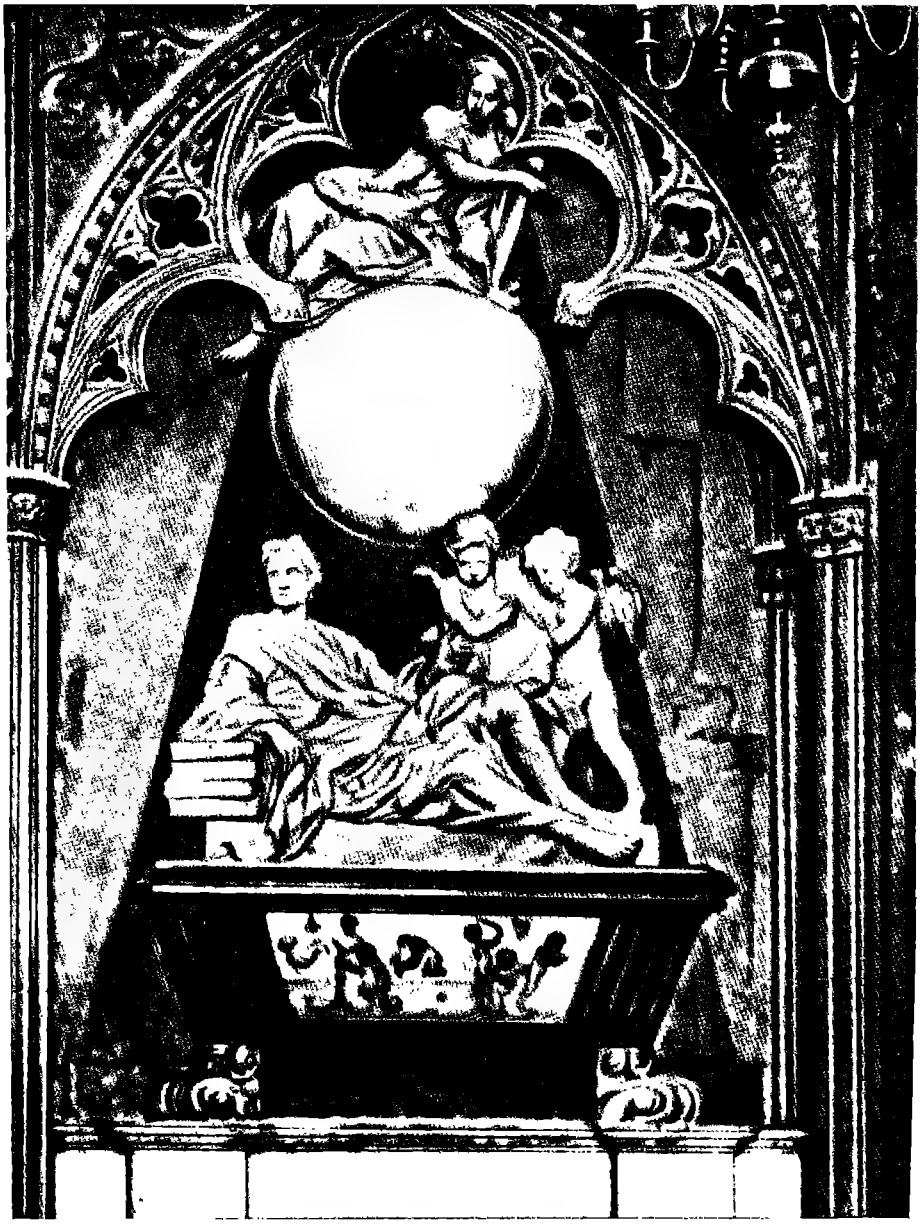


alternînde a fost pentru Newton singura posibilă. Ulterior, Euler a explicat inelele newtoniene din punctul de vedere al teoriei ondulatorii, prin rezonanța straturilor subțiri la undele incidente. Alternarea inelelor a fost interpretată ca o rezonanță cu armonici superioare. Dar și în această reprezentare schema energetică a lui Newton a fost singura. Straturile rezonante dau o lumină reflectată, cele nerezonante o lasă să treacă. Astăzi nu este, firește, greu să infirmăm schema lui Newton pe cale fotometrică sau, de pildă, prin următoarea experiență: dacă stratul dintre lentilă și sticlă se umple cu o soluție fluorescentă, atunci, după Newton, fluorescența trebuie să fie de o luminozitate alternantă (după legea inelelor). Acolo unde se vede un inel luminos în lumina reflectată, soluția din interstițiu absoarbe aproximativ de două ori mai multă lumină decît în zonele alăturate. Experiența nu ne dă inele de fluorescență, prin urmare, Newton greșește. Astfel, deși a văzut interferența, Newton n-a scos-o la iveală, întrucît pentru aceasta avea nevoie de o ipoteză sau de o experiență, care pe vremea sa era greu de realizat.

Dar, dacă n-a găsit interferența, Newton a descoperit *periodicitatea* luminii, care a ieșit la iveală datorită preciziei și simplității legii alternării inelelor. Cu o meticulozitate uimitoare pentru vremea sa, el a măsurat lungimile perioadelor pentru diferite culori (pentru limitele dintre culorile spectrului solar), a comparat rezultatele pentru lame subțiri



ISAAC NEWTON. GRAVURĂ DUPĂ PORTRETUL DE VANDERBANK.



MONUMENTUL DE PE MORMÎNTUL LUI ISAAC NEWTON LA WESTMINSTER.

și groase și a obținut cifre identice. În tabelul de mai jos sînt citate datele lui Newton, recalculate cu metodele moderne, pentru limitele unor culori și comparate cu cifrele lungimilor de undă, cu care se apreciază astăzi aceste limite:

Culoarea	După Newton λ m μ	Valoarea reală rotunjită λ m μ
Limita portocaliu-galben ..	571	587
Limita galben și verde	532	536
Limita verde și albastru ..	492	492
Limita albastru și indigo ..	459	454
Limita indigo și violet	439	426

Cum a interpretat Newton noua sa descoperire? În forma definitivă, în *Optica*, ca un principiu empiric: „Orice rază de lumină, care trece printr-o suprafață refractoare oarecare, capătă o anumită structură sau stare provizorie, care revine din nou la intervale egale pe măsura trecerii razei: ori de cîte ori această stare revine, ea predispune raza pentru trecere, iar în intervalul între revenirile acestei stări raza se reflectă... Revenirile predispoziției spre reflecție la rază eu le numesc *accese* de cea mai ușoară reflecție, iar predispozițiile pentru trecere — accese de cea mai ușoară trecere; spațiul parcurs între fiecare două reveniri, îl numesc *interval între accese*... Nu voi analiza aici în ce constă o predispoziție de acest fel, dacă ea constă într-o mișcare de rotație sau oscilatorie a razei sau a mediului, sau din altceva... Mie-mi este suficientă simpla descoperire, că razele de lumină sînt predispuse la refracție sau reflexie de vreo cauză oarecare sau de altceva".

Principiul periodicității și-a păstrat în întregime valabilitatea pînă în zilele noastre, numai că „intervalele între accese" sînt denumite lungimi de undă. Aceasta este caracteristica principală a luminii, care reunește toată varietatea radiațiilor, de la undele radio-

telegrafului pînă la razele cosmice ale lui Millikan[1]. Împărțind „intervalul" newtonian cu viteza luminii s-a obținut frecvența, care, după primul principiu al lui Newton, trebuie să rămînă invariabilă. Teoria ondulatorie clasică a dat o interpretare simplă frecvenței. În teoria cuantelor frecvența luminii este un factor misterios, pur empiric, produsul împărțirii energiei cuantei cu constanta h.

Metoda analizei frecvențelor de lumină — spectroscopia — a fost în bună măsură creată de Newton. El a formulat cele trei metode de descompunere a luminii: refracția, interferența și difracția.

Prisma cu colimator, fantă și lentilă a fost primul model de spectroscop, inelele lui Newton au reprezentat primul dispozitiv de interferență, cu ajutorul căruia s-a obținut cel dintîi tabel spectral în istoria opticii, citat mai sus; în sfîrșit, fanta dintre lamele bricelor este prototipul rețelei de difracție. Newton a inventat și a aplicat, cînd era necesară o mare uniformitate a luminii, aparatul cu colimator și avea o idee clară despre condițiile sporirii puterii de rezoluție. E de neînțeles, de ce n-a descoperit el liniile întunecate din spectrul solar înaintea lui Wollastone?

4. DIFRACȚIA

Difracția luminii a fost descoperită de Grimaldi. Descrierea experiențelor sale a apărut într-un tratat postum, editat în 1665. Grimaldi dă o explicație calitativă întrucîtva nebuloasă a devierii, comparînd lumina cu sunetul. Newton nu citise cartea lui Grimaldi, cel puțin pînă în 1675, și-l cita pe Grimaldi după Fabri, adversar al lui Grimaldi. Ca pretext direct

[1] După cum s-a lămurit acum, razele cosmice sînt de altă natură. — *N.R.*

pentru efectuarea unor experiențe proprii de difracție, i-au servit lui Newton experiențele lui Hooke care, necunoscîndu-l nici el pe Grimaldi, pretindea a fi descoperit devierea. Newton nu s-a ocupat multă vreme cu difracția. Experiențele sale sînt, în mare măsură, o repetare a experiențelor lui Grimaldi. Un pas înainte îl reprezintă studiul cantitativ al fenomenului, cum făcea de obicei Newton, și aplicarea ideii complexității culorii albe. Pentru a explica franjele de difracție colorate, el își efectua experiențele în lumina monocromatică. El a demonstrat că substanța corpului care produce difracția nu influențează caracterul fenomenului. „Efectuînd aceste observații — scrie Newton în concluzia descrierii experiențelor sale în *Optica* — eu intenționam să le repet cu o mai mare precizie și minuțiozitate și să efectuez experiențe noi... Însă în acea vreme a trebuit să-mi întrerup lucrările și acum n-am posibilitatea să reiau cercetările. Lăsînd această parte a lucrării mele neterminată, vreau, în concluzie, să expun unele chestiuni pentru ca alții să poată continua cercetarea acestui obiect". Din acest loc încep celebrele „chestiuni" ale *Opticii*.

Ce putea să fie difracția pentru Newton, dacă ținem seama de hotărîrea sa de „a nu amesteca lucrurile sigure cu cele nesigure"? Doar un principiu. Trecînd pe lîngă corpuri, lumina deviază, rectiliniaritatea mișcării sale se perturbă. De aci derivă prima „chestiune" din *Optica*: „Nu acționează oare corpurile asupra luminii, făcînd să devieze razele de lumină, chiar la o oarecare distanță? Toate celelalte condiții fiind egale, nu va fi oare această acțiune cu atît mai puternică, cu cît distanța va fi mai mică?" Presupunerea cu privire la devierea razelor de lumină la trecerea lor pe lîngă corpuri materiale a fost de mai multe ori exprimată de Newton, ea este menționată în *Principii* și amintită în scrisorile către Boyle. Newton explica reflexia regulată prin acțiunea corpurilor asupra luminii de la distanță („asperitatea" naturală a oricărei suprafețe ar fi transformat altfel orice reflexie într-o reflexie difuză). Noi am fost educați pe baza teoriei ondula-

torii a luminii, dar dacă vom încerca, pentru o clipă, să facem abstracție de orice teorie și să formulăm pur empiric fenomenul difracției, nu cred că vom izbuti să formulăm altceva, decît „devierea luminii de către corpuri materiale". După cum în mecanică devierea de la rectiliniaritate este pentru noi un semn al prezenței unei forțe, tot astfel în optică difracția a constituit pentru Newton dovada acțiunii unui corp asupra luminii de la distanță (în 1675 această acțiune era explicată prin ipoteza eterului). El știa că aici se ascunde fie dovada materialității luminii, fie, cel puțin, ipoteza privind această materialitate. De aceea, concluzia o găsim nu în textul *Opticii*, ci în capitolul *Chestiuni*. A patra „chestiune" din *Optică* conține, în formă laconică, teoria generală a difracției, reflexiei și refracției: „Nu încep oare razele de lumină, care cad asupra unui corp și se reflectă sau se refractă în el, să devieze încă înainte de a cădea pe corp, și nu se produce oare reflexia, refracția și devierea sub acțiunea aceleiași forțe, care se manifestă diferit în condiții diferite?"

Difracția este o însușire fundamentală a luminii, și nu una accidentală, un principiu, după cum a subliniat încă Grimaldi. Ea este o caracteristică necesară a oricărei lumini, de la undele radiotelegrafiei pînă la razele X. Pentru Newton devierea a fost un argument în favoarea substanțialității luminii, iar istoricește ea a devenit baza teoriei ondulatorii. E adevărat că teoria intuitivă a lui Young-Fresnel n-a putut lămuri pînă la capăt faptul propagării rectilinii a luminii și problema difracției. Numai ecuația de undă, mult mai largă decît orice formă particulară a teoriei ondulatorii, a oferit, în prelucrarea matematică a lui Kirchhoff și apoi a lui Sommerfeld, soluția problemei. Ecuația de unde ca atare nu este o ipoteză, ci un principiu, un fapt generalizat ca și ecuațiile termodinamicii sau electrodinamicii, fără a fi legat cu o formă sau alta a ipotezei ondulatorii.

„Chestiunea" a 25-a din *Optica* începe astfel: „Nu posedă oare razele de lumină, în afara însușirilor descrise, și alte însușiri elementare?" Apoi, Newton demonstrează existența polarizării luminii pe baza analizei observațiilor lui Huyghens asupra dublei refracții în spatul de Islanda. În *Tratatul despre lumină* Huyghens a dat cunoscuta structură formală, bazată pe teoria ondulatorie, pentru determinarea direcției razei extraordinare. În acest caz, teoria ondulatorie explica nu numai comportarea razei extraordinare, dar devenea o teorie aproape inevitabilă. Newton ne dă o regulă proprie, cu totul greșită, a refracției razei extraordinare, fără să amintească de structura lui Huyghens. Ne izbim de un capriciu aproape inexplicabil al marelui fizician. El poate fi explicat fie printr-o neglijență prea puțin caracteristică pentru Newton, fie prin dorința de a ocoli teoria ondulatorie. Huyghens însuși, într-o scrisoare către Leibniz, își numește experiențele cu dubla refracție *experimentum crucis!** a teoriei ondulatorii. De altfel, ulterior, Laplace, Biot și alții au formulat și o teorie matematică corpusculară a dublei refracții. Huyghens n-a putut explica însă, din punctul de vedere al teoriei sale faptul că, dacă una din raze, cea ordinară sau cea extraordinară, cade pe o a doua lamă cristalină, atunci fie că suferă o nouă dublă refracție, fie că trece sub forma unei singure raze, în funcție de unghiul de rotire a lamei. În două rînduri Newton dă următoarea explicație formală: „Nu posedă oare razele de lumină diferite laturi cu diferite însușiri elementare?" În „chestiunea" a 28-a, „laturile" razei sînt comparate cu polurile unui magnet, de aceea Malus a denumit în 1808 întregul fenomen — polarizare. În această denumire a fost eternizată și o tendință: Newton considera polarizarea ca un argument puternic al teoriei corpusculare: „Eu nu spun — scrie el — că

* Experiență crucială. — *N.R.*

aceasta este o forță magnetică; probabil că natura ei este alta. Însă oricare ar fi ea, este greu de înțeles cum pot avea razele de lumină, dacă nu sînt alcătuite din corpusculi, două laturi, care scot mereu la iveală forțe pe care alte laturi nu le au".

Polarizarea a constituit o imensă dificultate în calea dezvoltării ipotezei ondulatorii în sensul ei autentic, adică al unei ipoteze bazate pe reprezentări hidrodinamice concrete, accesibile intuiției vizuale. Teoria lui Fresnel despre oscilațiile transversale ale eterului a întîmpinat din partea lui Poisson violente obiecții de pe pozițiile hidrodinamicii. Numai teoria ondulatorie formală, cu ecuația de undă, dar fără mediu concret, a adoptat fără rezistență polarizarea ca un principiu empiric.

Newton n-a greșit prin includerea polarizării în rîndul însușirilor elementare fundamentale ale luminii. În spectrul de lumină toate razele pot fi polarizate, iar încercările de a găsi unde de lumină longitudinale s-au dovedit zadarnice.

Dacă la principiile periodicității, invariabilității perioadelor, difracției și polarizării vom adăuga viteza empirică a luminii și transferul de energie, principiile teoriei luminii ca atare (independent de acțiunea luminii asupra substanței) vor fi aproape epuizate.

Newton a definit pentru prima oară obiectul însuși al opticii, scoțînd la iveală aproape toate însușirile fundamentale ale luminii. Rămînea însă nerezolvată partea sintetică a problemei. Trebuia găsit acel principiu superior general, din care să rezulte toate însușirile în mod univoc.

Raza de lumină a lui Newton cu „accesele", cu „polurile", cu infinita varietate a perioadelor, cu însușirile speciale de atracție sau repulsie, avea nevoie de o imagine sintetică sau cel puțin de o expresie matematică generală. Acest lucru n-a putut fi realizat nici pînă astăzi. Teoria ondulatorie formală a cuprins doar o parte a fenomenelor. În partea cealaltă domină ciudatele legi cuantice. Nu ne rămîne decît să construim ipoteze.

Istoria a confirmat perspicacitatea lui Newton, cînd a acordat, prudent, preferință metodei sigure a principiilor și nu ipotezelor, la studierea luminii și a gravitației*. Natura luminii și a gravitației au rămas neînțelese și pînă astăzi. Numărul ipotezelor mecanice posibile, în ceea ce privește lumina, nu e mare, aceasta se știa precis și în secolele al XVII-lea și al XVIII-lea.

Ne vom permite să reproducem un citat din *Cuvînt despre originea luminii* al lui Lomonosov, datînd din 1756:

„Să presupunem materia lichidă, subțire și imperceptibilă a luminii, despre care astăzi nimeni nu se mai îndoiește, și vom găsi în ea trei mișcări posibile, care există în realitate, sau care nu există — ceea ce se va vedea mai tîrziu. Prima mișcare poate să fie de curgere, sau de trecere, după cum cred Gassendi și Newton, prin care eterul (numesc astfel materia luminii, după autori vechi și mulți autori noi) se mișcă dinspre soare și alte corpuri luminoase mari și mici în toate direcțiile, fără încetare, asemenea unui fluviu. A doua mișcare poate fi oscilatorie în eter, după părerea lui Cartesius și Huyghens, și acționează asemenea unor unde mici și dese dinspre soare în toate direcțiile... A treia mișcare poate fi de rotație, cînd fiecare particică imperceptibilă, din care se compune eterul, se rotește în jurul centrului sau axului său"[1]. Asemenea ipoteze apăreau în diverse variante, de cînd omul a început să mediteze asupra naturii luminii. Ele au căpătat o expresie cantitativă abia în secolul al XIX-lea.

Nouă ni se pare, astăzi, foarte confuză concluzia lui Newton cu care se încheie cele 13 puncte ale doc-

* S. I. Vavilov a arătat de repetate ori, că Newton însuși a fost adesea nevoit să recurgă la metoda ipotezelor, căci fără aceasta fizica nu se poate dezvolta. — *N.R.*

[1] M, V. Lomonosov, *Opere filozofice alese*, 1950, p. 283. (ed. rusă).

trinei sale empirice din 1671: „Recunoaștem corpurile drept substanțe numai după însușirile lor perceptibile, și dacă însușirile principale ale vreunui lucru sînt găsite, avem destule temeiuri să-l considerăm de asemenea substanță". Însă în secolul al XVII-lea s-a înțeles de îndată că Newton susține materialitatea luminii și el a confirmat aceasta în disputa sa cu Hooke, menționînd însă caracterul ipotetic al concluziei sale. Rectiliniaritatea razelor de lumină, invariabilitatea lor, atracția și repulsia care se manifestă după Newton la difracție, reflexie și refracție, și în sfîrșit, mai tîrziu, polarizarea, care pentru secolul al XVII-lea nu putea fi decît o manifestare a unui corpuscul solid, iată argumentele care se contopeau pentru marele fizician în imaginea unei particule materiale în zbor. A existat, poate, și o anumită tradiție de care contemporanii nu-și dădeau seama; din *Optica*, *Principiile* și scrisorile lui Newton se poate deduce că el a fost un atomist, deși nu și-a formulat atomismul într-o formă precisă. Teoriile lui Epicur, Lucrețiu, Gassendi îi erau cunoscute poate nu din sursă directă. În expunerea istoriei descoperirii dispersiei, Newton, anticipînd doctrina, compară raza de lumină cu o minge de tenis în zbor.

Așa s-a născut ipoteza emisionistă. Newton i-a rămas credincios pînă la capăt, pînă la ultima ediție a *Opticii*, din 1721, dar ea n-a fost nicăieri expusă într-o formă afirmativă. „Cel mult asta este o consecință foarte probabilă a doctrinei" — spunea el în 1672 și această părere a rămas neschimbată. Ce anume a rămas sub semnul îndoielii pentru el în ipoteza emisionistă, nu știm.

Newton cunoștea valoarea concepției ondulatorii mai bine decît apologeții ei — Huyghens și Hooke; aceasta reiese din polemica sa cu Hooke, din memoriul din 1675 și *Principiile*. Ca obiecție principală împotriva ei servea rectiliniaritatea luminii. Această piedică a putut fi înlăturată definitiv abia de teoria ondulatorie formală a lui Kirchhoff. În memoriul din 1675 și în *Optica* („chestiunea" 29) sînt menționate și alte obiec-

ții: reflexia totală, polarizarea și imposibilitatea de a înțelege eterul din punct de vedere mecanic.

„Dacă un asemenea lichid nu aduce nici un folos, ci împiedică doar și slăbește acțiunile naturii (mișcarea aștrilor), nu există nici o justificare pentru existența lui și, prin urmare, trebuie înlăturat". Eterul din timpurile noastre s-a compromis mult mai mult decît pe vremea lui Newton, noi nu-l cunoșteam de loc și refuzăm să înțelegem însușirile lui, astfel încît obiecția lui Newton a rămas în vigoare.

Însă în fenomenele periodicității (și ale difracției, în 1675) Newton a văzut limpede prezența unui anumit element de natură ondulatorie în razele de lumină. În acest punct, ipoteza ondulatorie a fost concretă și utilă. Newton creează o ipoteză de un tip cu totul nou, care cuprinde și corpusculi, și unde. În eterul care umple corpurile corpusculii de lumină provoacă unde, care se propagă cu o viteză ceva mai mare decît viteza unui corpuscul. Depășind corpusculii, undele determină în jurul acestora fie o fază de comprimare, fie o fază de dilatare, provocînd accese alternante de reflexii și treceri. Ipoteza este expusă în memoriul din 1675*.

Ipoteza lui Newton este extrem de largă, e un „sistem" tipic pentru secolul al XVII-lea, în care sînt explicate concomitent lumina, gravitația, electricitatea, procesele materiei vii, fenomenele moleculare etc. Agentul principal al acestui sistem — eterul — este înfățișat de Newton după chipul și asemănarea unui lichid real, cu vîscozitate, cu tensiune de suprafață etc. Ipoteza corpuscular-ondulatorie este expusă, ce-i drept, într-o formă mai abstractă și mai puțin afirmativă, și în *Optica*.

Ipoteza lui Newton a fost apreciată abia în timpurile noastre pentru calitatea ei principială — ideea de compromis**. Adepții lui Newton din secolele al

* S. I. Vavilov are în vedere traducerea sa a *Memoriilor de optică* de I. Newton (v. Us. Fiz. N., 7, Seria a II-a, 1927, pp. 121—163). — *N.R.*

** Este vorba de îmbinarea sui-generis a ideilor ondulatorii și corpusculare de către Newton. — *N.R.*

XVIII-lea și al XIX-lea au dezvoltat teoria emisionistă pură.

Puțini știu, poate, că schema teoriei luminii bazată pe compromis a fost schițată în 1842 de către Lobacevski[1]. În legătură cu observațiile asupra eclipsei solare din Penza, el scria: „Sistemul ondulațiilor nu poate fi denumit, cu destulă temeinicie, o teorie, ci doar expresia acelor fenomene care urmează să fie explicate... Teoria ondulațiilor prezintă just unele legi ale fenomenelor de lumină, dar nu oferă încă o noțiune clară în ce constă esența lor". Caracterul formalist al teoriei ondulatorii s-a accentuat considerabil de la Lobacevski pînă astăzi și rezervele acestuia sînt și mai întemeiate. „A vorbi despre unde înseamnă a baza întregul raționament pe ceea ce în accepția strictă a cuvîntului nu există, așa după cum vorbim despre linii și suprafețe, pe cînd în natură nu există decît corpuri". Lobacevski presupune, ca și Newton, că teoria ondulației și a emanației trebuie unificate. „Fluxul eterului — scrie el — întîmpinînd piedici în drum, începe să facă unde, precum apa din rîu cînd întîlnește un stăvilar..." Mișcarea progresistă a fluxului de eter este cauza încălzirii și iluminării, iar oscilațiile lui explică difracția, interferența, culorile și polarizarea.

În zilele noastre îmbinarea undelor și corpusculilor este singura ieșire pentru rezolvarea problemei privind natura luminii. Există cîteva încercări ale unei asemenea îmbinări, teoria lui Sir J.J. Thompson[2], teoria lui de Broglie[3] și teoria cu totul abstractă și formală a lui Schrődinger[4]. Rezultatele acestei îmbinări sînt mai satisfăcătoare decît în fiecare teorie separat, dar este încă prea devreme să vorbim despre rezolvarea definitivă a problemei. Trainice și neclintite rămîn, ca și pînă acum, doar principiile lui Newton.

[1] N. I. Lobacevski, *Eclipsa totală de soare la Penza din 26 iunie 1842*, în „Analele Univ. din Kazan," 1842, pp. 3, 74.

[2] Vezi de exemplu Sir J. J. Thompson, *The Structure of Light*, Cambridge. 1925

[3] Vezi L. de Broglie, *Ondes et mouvements*, Paris, 1926.

[4] Vezi E. Schrödinger, *Abhandlungen zur Wellenmechanik*, 1927.

Lectura „Chestiunilor" din *Optica* va produce asupra cititorului neavertizat o impresie stranie. O ipoteză este înlocuită de o altă ipoteză, cu totul diferită. Într-o „Chestiune" ipoteza eterului este expusă în sens afirmativ, într-alta — în sens negativ. Conceptul corpuscular-ondulatoriu este înlocuit, după ce se renunță la eter, printr-unul pur corpuscular („Chestiunile" 28 și 29). Cheia pentru înțelegerea acestor contradicții rămîne aceeași: „eu nu inventez ipoteze", sau mai exact, „eu nu voi amesteca lucrurile incerte cu cele certe". Confruntarea ipotezelor opuse, la fel de verosimile, este pînă la un anumit grad un fel de ironizare a ipotezelor și o apărare a metodei principiilor.

Ipotezele aveau însă o mare însemnătate auxiliară și pentru Newton însuși. Primele idei despre gravitație, despre legea pătratică au apărut pe baza ipotezei hidrodinamice a eterului (scrisorile către Boyle, memoriul din 1675); apariția ideii polarizării n-ar fi fost posibilă fără cea a corpusculilor de lumină.

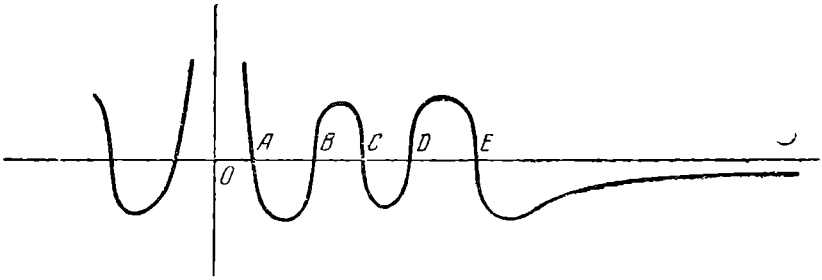
Apariția *Principiilor* constituie o cotitură radicală în istoria ipotezelor lui Newton. Pînă la acel moment, schema ipotezelor de lucru ale lui Newton era — particule de materie și eter . (Soarele și vîrtejurile de eter în jurul lui, în atracție, corpusculii de lumină și undele în eter, provocate de ele în optică etc.).

Succesul considerabil al *Principiilor*, deducerea legilor gravitației și a sistemului universului, fără ipoteze, numai din principiile mecanicii și din legile empirice ale lui Kepler, au determinat tratarea ipotezelor cu un scepticism și mai mare ca înainte. Mecanismul ipotetic al interacțiunii maselor a putut fi înlocuit prin noțiunea *formală* riguroasă a forțelor centrale. Universul lui Democrit — atomii care se mișcă în vid, a fost înlocuit întîi cu atomii în eter și, în sfîrșit, cu reprezentarea formală a atomilor, ca centre de forță care se resping sau se atrag la distanță.

În *Principii* Newton ocolește problema cauzelor posibile ale gravitației, limitîndu-se la faptul ca atare și

la formularea lui matematică: „E suficient că gravitația există în realitate și acționează conform legilor expuse de noi și este absolut suficientă pentru explicarea tuturor mișcărilor corpurilor cerești și ale mării". Contemporanii, în multe cazuri, n-au înțeles formalismul lui Newton și l-au acuzat de introducerea unor însușiri ascunse, sau, cum se spunea în secolul al XVIII-lea, „tainice". Cotes a respins în mod strălucit toate aceste acuzații în prefața la a doua ediție a *Principiilor*: „Aud, scria el, cum unii... mormăie despre însușirile ascunse. Ei susțin încontinuu că gravitația este o însușire tainică, ascunsă, iar aceste însușiri nu-și au locul în filozofie. La aceasta se poate răspunde ușor că, ascunse nu sînt acele cauze a căror existență este constatată cu cea mai mare claritate prin observații, ci numai acelea a căror existență însăși este necunoscută și nu este prin nimic confirmată. Prin urmare, gravitația nu este cauza ascunsă a mișcării corpurilor cerești, căci fenomenele arată că această cauză există în realitate. Este mai just să recunoaștem, că la cauze ascunse recurg numai acei care atribuie legile acestor mișcări unor cine știe ce vîrtejuri ale unei materii pur imaginare, cu totul inaccesibile simțurilor".

Acuzația a fost răsturnată, iar însușirea misterioasă s-a dovedit a fi eterul. În focul luptei și apărării, Cotes a alunecat spre o altă extremă, afirmînd, e adevărat nu prea răspicat, primordialitatea gravitației și imposibilitatea de a o înțelege mai departe, atribuind forțelor centrale nu numai o valoare formală, ci și una reală. În această problemă Newton era foarte prudent: „Eu nu afirm de loc, că gravitația este esențială pentru corpuri, — scria el în ediția a III-a a *Principiilor* — sub formă înnăscută eu înțeleg exclusiv forța inerției". *Principiile* se încheie cu următorul pasaj semnificativ: „Acum ar trebui să mai adăugăm ceva despre un eter foarte fin, care pătrunde în toate corpurile compacte și se cuprinde în ele, prin forța și acțiunile căruia particulele corpurilor, la distanțe *extrem de mici* (subliniat de *S.V.*), se atrag reciproc, iar la atingere aderă între ele, corpurile electrizate acționează



la distanțe mari, respingînd și atrăgînd corpuri mici apropiate, lumina este emanată, se reflectă, se refractă, deviază și încălzește corpurile... dar toate acestea nu pot fi expuse pe scurt, și apoi nu există nici experiențe suficiente, care să fi demonstrat și definit precis legile acțiunii acestui eter". La prima privire acest pasaj poate apărea ca un simplu rezumat al memoriului din 1675, în realitate însă este vorba doar de acțiuni la distanțe mici, adică de eterul concentrat în materie; în această schemă gravitația nu este menționată.

Discipolii sau, mai exact, adepții lui Newton n-au înțeles circumspecția sa și au transformat brutal principiul formal al forțelor centrale într-o ipoteză, creînd din gravitație un principiu primordial, care nu poate fi explicat în continuare.

În orice caz, chiar ideea formală a forțelor centrale, legate cu mase, ar fi putut fi extinsă nu numai asupra gravitației, ci și asupra unui domeniu vast de fenomene, precum coeziunea, capilaritatea, procesele chimice, electricitatea și, în sfîrșit, optica. Newton ne-a oferit o schiță strălucită a unei asemenea teorii universale în „Chestiunea" a 31-a din *Optica*. În această schemă universală n-a rămas loc decît pentru ipoteza pur corpusculară a luminii. În urma înlăturării eterului, schema nu mai oferea un mecanism pentru unde. Preferința pentru teoria pur corpusculară a fost determinată de cerințele *unității* și *armoniei* noii mecanici a lui Newton, în care existau numai atomi și centre de forță în vid. Optica a fost adaptată la mecanică, în cadrul schemei generale a *Principiilor*.

Newton însuși a expus în „Chestiunile" din *Optica*, fără părtinire și foarte concis, ipoteza pur corpusculară paralel cu ipoteza corpuscular-ondulatorie. Procesele de emisie, reflexie și difracție a luminii au fost interpretate ca manifestări ale forțelor de repulsie la distanță între particulele de lumină și materie. Dimpotrivă, în refracția simplă și în cea dublă se manifestă atracții reciproce. Lumina se poate transforma în materie, iar materia în lumină, ele sînt înrudite între ele; încălzirea și luminescența, care o însoțesc, sînt rezultatul acestei transformări. Cîteva cauze sînt indicate pentru a explica „accesele" periodice. Rotația unei particule bipolare, asemănătoare unui magnet în formă de bară, este cu totul suficientă pentru acest scop.

În vremea noastră s-a uitat aproape că teoria corpusculilor a fost elaborată și pe plan matematic, uneori chiar foarte amănunțit, în lucrările lui Laplace, Poisson, Biot, Brewster, Malus și alții.

Mai mult decît alții s-a apropiat de concepția mecanicii newtoniene a forțelor centrale Boscovich. Referirile la optică ale lui Boscovich sînt împrăștiate în numeroasele sale cărți și memorii. Mai amănunțit își expune el teoria despre optică în *Reflecții despre lumină*[1]. Este greu de găsit în secolul al XVIII-lea o analiză atît de subtilă a noțiunilor fundamentale ale fizicii cu privire la spațiu, mișcare, materie și forțe. Raționamentul începe cu analiza rectiliniarității luminii. Boscovich demonstrează că această definiție se prezintă ca un cerc vicios. Noțiunea fizică a rectiliniarității se reduce întotdeauna la definiția optică și cu ajutorul acestei noțiuni vrem să judecăm despre rectiliniaritatea razei! Noțiunea de rectiliniaritate se sprijină, după Boscovich, numai pe principiul mecanic al inerției. Traiectoria pe care se mișcă un corp în virtutea inerției trebuie denumită rectilinie. Dimpo-

[1] *Dissertatio de Lumine auctore P. Rogeris Josepho Boscovich Societatis Jesu.* Vindobonae, MDCCLXVI. Expunere detaliată a teoriei lui Boscovich se află în cartea lui D. Nedelkovitch, *La Philosophie naturelle et relativiste de R. J. Boscovich*, Paris, 1919.

trivă, coincidența traseului luminii cu traiectoria mișcării de inerție confirmă, după Boscovich, corporalitatea luminii.

La baza teoriei lui Boscovich se află ideea despre particulele materiei. Acestea sînt „puncte indivizibile și inextensibile, distanțate unele de altele", care interacționează prin forțe de tip newtonian. Aceste particule sînt invariabile, ele n-au părți, întrucît sînt puncte. Ele sînt întotdeauna identice, ceea ce putem constata după invariabilitatea constantei din legea gravitației. Particulele acționează între ele în baza legii forțelor, arătată în Fig. p. 269. Pe abscisă e indicată distanța de la particula O, iar pe ordonată — mărimea forței. Valorile pozitive ale ordonatelor corespund repulsiei, cele negative — atracției, atracția descrescîndă asimptotic la capătul curbei reprezintă gravitatea newtoniană. Noțiunea de forță centrală se generalizează și legea lui Newton este numai un segment al curbei universale. „Această formă a curbei explică cel mai bine toate însușirile mecanice principale ale corpurilor, considerate atît în general cît și în particular, mobilitatea, impenetrabilitatea și extensiunea corpurilor, egalitatea între acțiune și reacțiune, interacțiunea particulelor materiei la distanțe mici, gravitația, coeziunea, duritatea și fluiditatea, elasticitatea și toate însușirile optice". În tratatul său *Despre forțele vii*, Boscovich dă o expresie analitică a curbei sale

$$y = a + bx^m + cx + dx^r + \ldots$$

Corpusculii luminoși la Boscovich nu se deosebesc prin nimic de celelalte puncte ale centrelor materiei. Numai în legătură cu fenomenul polarizării, Boscovich menționează posibilitatea caracterului dipolar al corpusculului, comparîndu-l, ca și Newton, cu un magnet în rotație. Dacă corpusculul-punct se află lîngă poziția A pe curbă, el poate efectua oscilații, un impuls exterior infim poate să-l transfere pe partea repulsivă, cu înclinare mare, a curbei lîngă centrul O; atunci se va produce o emisie radiantă — repulsia particulei. Absorbția înseamnă capturarea corpusculului în zona atracției puternice lîngă centru. Corpusculul absorbit,

ca urmare a mișcărilor interne ale materiei, poate nimeri în zona repulsiei și să sufere o nouă emisie radiantă. Astfel se explică la Boscovich fosforescența. În curba lui Boscovich sînt destule sinuozități pentru a explica calitativ și reflexia, și refracția, și diferite cazuri de difracție. Periodicitatea se explică, ca și la Newton, prin mișcarea de rotație a corpusculilor-dipoli, fie prin unele modificări în mediul însuși, *ex mutatione al qua facta in ipso medio*, după cum se exprimă vag Boscovich. Această incertitudine este explicabilă, întrucît modificările mediului, despre care poate fi vorba, sînt undele newtoniene în eter, provocate de corpusculi, însă eterul este de prisos în sistemul lui Boscovich.

Ideea unei funcții de forță complicate, dar unice, a lui Boscovich, este folosită într-o formă sau alta și astăzi în fizică. Lord Kelvin[1] a folosit-o în dinamica cristalelor.

În teoria corpului solid a lui Born figurează din nou un caz particular al funcției lui Boscovich. Pentru a explica stările staționare ale atomului și legile seriilor spectrale, Sir J.J. Thompson propunea recent o generalizare a legii lui Coulomb, asemănătoare cu curba lui Boscovich[2]. Din cînd în cînd apar și ipoteze universale cu totul în spiritul lui Boscovich, dar de obicei fără a se menționa numele lui[3].

Trebuie, de altfel, să reținem, că la Newton reprezentarea era formală, pe cînd la Boscovich ea este tratată ca o realitate și devine ipoteză.

În ultimele două secole și jumătate istoria opticii a fost și complexă și, în multe privințe, plină de surprize. Însă în ceea ce privește esența ei — însușirile și natura luminii — aproape totul a fost prevăzut de Newton. El a determinat toate însușirile principale ale luminii, a definit caracteristicile obiectului opticii și după aceste caracteristici, în secolele al XIX-lea și al XX-lea,

[1] Lord Kelvin, *Baltimore Lectures*, 1904., p. 667.
[2] Sir J. J. Thompson, 1919., *Phil. Mag.*, p. 38.
[3] Vezi de exemplu H. Strache, *Die Einheit der Materie*, Leipzig, 1919.

fizicienii au trebuit să includă în optică categorii mereu noi de fenomene. El a luat în considerare trei teorii posibile ale luminii — cea ondulatorie, corpusculară și corpuscular-ondulatorie și nu s-a mulțumit cu nici una din ele, toate trei au rămas ipoteze, adică nedemonstrate. În secolele următoare n-au fost elaborate ipoteze principial noi, și a rămas, ca și pînă atunci, nerezolvată problema care dintre ipoteze este justă și dacă în genere este justă vreuna din ele.

Lagrange, care îl numea adeseori pe Newton cel mai mare geniu care a existat vreodată, adăuga: „El este cel mai fericit, căci sistemul lumii poate fi stabilit numai o singură dată". Aproape același lucru trebuie repetat și în privința teoriei luminii.

NEWTON ȘI CONTEMPORANEITATEA*

Zguduirile războiului mondial, impus de agresorii fasciști, nu trebuie să șteargă din conștiința omenirii civilizate amintirea și recunoștința față de cel mai mare reprezentant al științei — Isaac Newton. Contemporanii lui Newton au înscris pe monumentul lui cuvintele pe care Lucrețiu le-a spus despre Epicur: *Qui genus humanus ingenio superavit.* (Prin mintea lui el depășise specia umană). Astăzi, după 300 de ani de la nașterea creatorului fizicii, mecanicii și astronomiei noastre, putem aminti acest vers al lui Lucrețiu cu și mai multă îndreptățire.

Există în istorie foarte puține nume și cărți care străbat secole și chiar milenii și își exercită neîncetat influența asupra dezvoltării culturii, tehnicii și științei. Astfel au rămas pînă astăzi, în științele naturii, geometria lui Euclid și hidrostatica lui Arhimede. Ele sînt necesare omului contemporan, tot astfel cum au fost necesare grecilor antici, romanilor, și arabilor medievali.

Paralel cu aceste realizări eterne, care leagă trecutul cu prezentul, multe lucruri în știință, care păreau uriașe și bogate în semnificații pentru timpul lor, au păstrat pentru noi doar un interes istoric. În arhiva științei

* Articol scris în 1943 cu prilejul aniversării a 300 de ani de la nașterea lui Newton.

au fost depuse sistemele lui Ptolemeu, vîrtejurile lui Descartes, flogistonul, termogenul, teoria elastică a luminii, așa-zisa „vechea teorie a atomului" a lui Bohr și multe altele. De aceea, trăinicia unui rezultat științific, integritatea și eficiența lui în decursul unor mari intervale de timp, în condiții noi și în fața unor sarcini noi — sînt criteriul cel mai sever și mai aspru al valorii unei concluzii științifice.

Opera lui Newton a rezistat într-un chip uimitor la încercarea secolelor. Opera sa fundamentală și-a păstrat aproape integral actualitatea și însemnătatea pentru noi. Știința lui Newton nu este o relicvă istorică, ci fundamentul științelor naturii de astăzi.

Newton a lăsat lumii *Optica*, *Principiile matematice ale filozofiei naturale* și metoda matematică a infiniților mici, „metoda fluxiunilor". În aceste cărți și în această metodă se află concentrată principala activitate științifică a lui Newton.

Cercetările sale de optică au durat nu mai puțin de 15 ani (1666—1680) și au însemnat la timpul lor o revoluție întreagă în știința despre lumină. Descoperirea principală a lui Newton a constat în faptul că, în varietatea infinit de capricioasă a culorilor, el a scos la iveală existența unor elemente constante, invariabile — razele simple sau monocromatice, care nu-și schimbă culoarea nici prin refracție și nici prin reflexie. Astfel, haosul fenomenelor cromatice a fost pus dintr-o dată în ordine și prins în cadrul riguros al matematicii.

A doua descoperire a lui Newton în optică a constat în stabilirea însușirilor periodice la culorile simple, monocromatice. Periodicitatea se deduce în mod necesar din așa-zisele „inele ale lui Newton". În loc să fie caracterizate prin culori subiective, razele simple de lumină puteau fi, din acel moment, caracterizate numeric, cu ajutorul „lungimii de undă" (ca să folosim un termen contemporan), sau cu ajutorul „acceselor" luminoase, cum spunea Newton. Teoria razelor de lumină monocromatice cu o periodicitate determinată rămîne și astăzi, și va rămîne fără îndoială, pentru totdeauna, baza fizică a opticii.

Însemnătatea *Opticii* lui Newton nu constă însă numai în descoperirile concrete pe care le conține. Lucrările de optică ale lui Newton sînt o remarcabilă școală a experimentului în fizică. Experiența și observația au servit, firește, din vremuri imemoriale ca bază a științelor naturii. Au experimentat desigur și anticii, Heron, Ptolemeu și mulți alții; maeștri ai experienței au fost Leonardo da Vinci și Galileu, însă pînă la Newton metoda experimentală a fost o metodă pasivă. Abia în mîinile autorului *Opticii* ea a devenit cu adevărat vie, suplă, răspunzînd la întrebări și permițînd să se pună naturii întrebări noi, surprinzătoare. Trebuie citită *Optica* lui Newton, pentru a înțelege cît de puternic, multilateral și variat poate fi experimentul fizic. Cu toate că de la crearea *Opticii* au trecut secole, această carte rămîne cea mai bună școală a experimentului. Această școală ni l-a dat pe Faraday, Ampère, Rutherford și ne va da, desigur, încă mulți mari experimentatori.

Efectuînd un șir de experiențe ingenioase, de înalt nivel calitativ, cu prisme, lentile și oglinzi, Newton a învățat totodată generațiile următoare să folosească și metoda experimentării cantitative precise. Un fizician experimentator nu va putea citi fără emoție descrierea experiențelor cantitative ale lui Newton. Autorul „anatomiei luminii" obținea, prin cele mai simple mijloace, rezultate care și-au păstrat valoarea de-a lungul veacurilor.

În manuale de fizică s-a creat o tradiție proastă de a afirma, fără vreo verificare, că Newton ar fi fost un adept intransigent al teoriei corpusculare a luminii. E o eroare. Comparînd diferitele însușiri ale luminii, el a ajuns la concluzia că lumina are o structură mult mai complexă, că ea are într-adevăr trăsături care pot fi înțelese, cel mai simplu, ca rezultat al mișcării unor fluxuri de particule, totodată însă alte însușiri ale ei (periodicitatea) se explică cel mai ușor prin noțiunea de undă. În realitate, Newton concepea lumina ca o îmbinare de corpusculi și unde. Anticipînd dezvoltarea complexă a științei despre lumină din secolele următoare, marele fizician întrezărea natura reală a luminii

ca o sinteză *sui-generis* între corpusculi și unde. Fizica din zilele noastre a confirmat, spre surpriza generală, această schemă uimitoare, deși nu chiar în acea formă concretă în care ipotetic o prezentase Newton.

Trăsăturile *Opticii*, expuse mai sus, o fac nu mai puțin actuală decît concepțiile despre optică ale lui Fresnel și, pînă la o anumită limită, chiar ale lui Maxwell.

Cealaltă carte a lui Newton, *Principiile matematice*, este și mai aproape de contemporaneitate decît *Optica*. În sălile de cursuri ale facultăților de fizică din instituțiile de învățămînt superior, celebrele „axiome sau legile mișcării" ale lui Newton sînt de obicei așezate, pe bună dreptate, alături de sistemul periodic al elementelor. Aceste legi nu sînt de loc o amintire istorică sau un obiect de decor; ele constituie fundamentul cunoștințelor pe care trebuie să și le însușească orice student în domeniul fizicii, schema rezolvării tuturor problemelor de fizică și mecanică din vremea noastră.

Se știe că în teoria relativității și în mecanica cuantică fizica modernă s-a dezvoltat pe un drum pe care nu-l prevăzuse fizica clasică a lui Newton. S-au schimbat noțiunile fizicii despre spațiu, timp, masă, acțiune. Această schimbare a fost impusă de fenomenele care au loc la viteze uriașe, apropiate de viteza luminii, și în volume extrem de mici în interiorul atomilor și al nucleelor atomice. Impetuoasa revoluție în fizică din ultimele două decenii n-a dărîmat însă mecanica newtoniană, ci doar a completat-o, a generalizat-o, transformînd legile generale ale lui Newton în legi limitate, adecvate vitezelor relativ mici și volumelor relativ mari. Pentru noi, locuitorii globului terestru, aceste viteze mici și volume mari sînt cele mai normale și mai obișnuite, ele determină practica și tehnica noastră. Un constructor de mașini, de clădiri, de vapoare, de avioane, de tancuri, de tunuri, folosește teoria relativității și mecanica cuantică într-o măsură foarte mică, căci practic ele n-ar aduce decît corective infime în calculele efectuate pe baza mecanicii newtoniene. Fiecare mașină nouă și fiecare construcție nouă este întotdeauna, într-o anumită măsură, rezultatul apli-

cării mecanicii newtoniene, legile mecanicii fiind aici tot atît de necesare ca și tabla înmulțirii.

Măreața consecință a legilor mecanicii — gravitația universală, dedusă de autorul *Principiilor* din mișcarea corpurilor cerești, și-a păstrat integral rolul ei universal. Demonstrată la timpul său pentru pămînt și sistemul solar, această lege a fost confirmată pentru întregul cosmos. În 1941, de pildă, au fost publicate rezultatele lui Kump și Hoffleit, care au confirmat deplina valabilitate a legii lui Newton pentru mișcarea unor sisteme astrale, care se află la o distanță de 30 de ani-lumină de Soare. Teoria relativității generale a interpretat fenomenele gravitației într-un mod cu totul nou și a generalizat întrucîtva legea lui Newton, însă corectivele sînt atît de mici, încît astronomia în toate calculele ei continuă să folosească cu o totală siguranță formula lui Newton.

Trăinicia și actualitatea operei sale sînt deosebit de evidente în domeniul matematicii. Marea descoperire a lui Newton și Leibniz — analiza infinitezimală — este vie, se dezvoltă, fiind din ce în ce mai necesară. Ea este forma de bază a științelor naturii și tehnicii contemporane, și nenumăratele rezultate pe care le-a adus analiza în domeniul teoriei și practicii nu pot fi îndeajuns de apreciate. În simbolurile ecuațiilor diferențiale și integrale și ale așa-numitului calcul variațional și-au găsit expresia principiile cele mai generale ale fizicii. Ideea abstractă a continuității fenomenelor naturale, care stă la baza analizei infinitezimale, s-a dovedit a fi, dacă nu întotdeauna precisă, în orice caz deosebit de rodnică. Fizica modernă neagă uneori ideea continuității; în știința contemporană a pătruns adînc ideea atomilor, a salturilor, a discontinuităților, în sensul larg al cuvîntului. Se atomizează masa, sarcina electrică, energia, acțiunea. Ecuațiile diferențiale clasice dobîndesc un sens statistic și sînt valabile numai pentru valorile medii ale unui număr mare de procese elementare individuale. Aceasta însă nu scade cu nimic forța, utilitatea și necesitatea metodei matematice a lui Newton-Leibniz.

Închinîndu-ne cu admirație în fața geniului lui Newton, putem pune întrebarea: cum se explică neobișnuita trăinicie a moștenirii sale științifice și însemnătatea ei nepieritoare pentru contemporaneitate? Răspunsul era adesea căutat în faptul că adevărul este unul singur și poate fi descoperit numai o singură dată, iar fericitul care l-a descoperit purta numele de Newton. Aceasta este just pînă la un anumit grad, dar nu este încă, firește, un răspuns la această întrebare. Rămîne nelămurit de ce n-au fost printre cei fericiți Descartes, Hooke sau Huyghens, care au căutat și ei adevărul? Cheia răspunsului la această întrebare se află în mare măsură, în metoda științifică a lui Newton.

Se știe, că Newton considera cu dispreț și nepăsare ipotezele, adică presupunerile arbitrare în știință, care nu decurg nemijlocit din experiență sau raționament. Asemenea ipoteze erau pentru el, de pildă, vîrtejurile lui Descartes, eterul, diferitele variante ale teoriei luminii și altele. Newton opunea ipotezelor ceea ce numea el „principii". Principiul este legea fenomenelor, dedusă din experiență sau din observații și generalizată în modul corespunzător. Exemple ale unor asemenea principii sînt: cele trei legi ale mecanicii lui Newton, legea gravitației universale, invariabilitatea luminii monocromatice etc. Din principii, ca și din axiomele geometriei, se obțin prin raționament matematic, în aplicare la cazurile concrete, nenumărate consecințe care cuprind întregul domeniu al fenomenelor și constituie o teorie ireproșabilă. *Principiile matematicii* ale lui Newton sînt un model al „metodei principiilor". Teoriile de acest gen sînt, în fond, excepțional de trainice și rezistente, ele sînt construite din cele mai solide materiale: experiența perfectă și raționamentul matematic exact. În aceasta constă unul din secretele veșniciei moștenirii științifice newtoniene. Dezvoltarea ulterioară a fizicii oferă un șir întreg de exemple strălucite ale aplicării metodei lui Newton. Astfel a fost construită termodinamica, electrodinamica, teoria relativității, teoria cuantelor.

Aceste teorii, ca și fizica lui Newton, au fost create pentru vecie.*

Ar fi fost o profundă eroare, de altfel, dacă am împărtăși împreună cu creatorul *Principiilor* disprețul său pentru ipoteze. Paralel cu principiile, ipotezele au avut și au o imensă însemnătate dinamică în dezvoltarea științei. Ajunge să amintim ipoteza atomică, care s-a menținut sub forma unei presupuneri arbitrare timp de milenii și a adus un număr uriaș de rezultate științifice din cele mai importante, fiind, în sfîrșit, integral confirmată de experiență în zilele noastre. Sub ochii noștri atomismul s-a transformat din ipoteză în principiu. Dar chiar și ipotezele în curs de dispariție, construcțiile temporare, ulterior înlăturate de știință, ca flogistonul, eterul, teoria elastică a luminii, pot aduce în condițiile corespunzătoare un folos considerabil. Pe „schelele" unor asemenea ipoteze s-a ridicat fizica modernă.

Newton însuși a propus destule ipoteze, dezvoltîndu-le în formă interogativă în *Optica*, în unele memorii și scrisori. Însă multe din aceste ipoteze ale lui Newton n-au rezistat la încercarea timpului și prezintă interes astăzi doar văzute în perspectiva istorică. Principiile newtoniene rămîn mereu solide. Ele au determinat nemurirea operei lui Newton și însemnătatea ei pentru contemporaneitate.

* Aceasta trebuie înțeles numai în sensul că dezvoltarea viitoare a fizicii nu va elimina conținutul ei pozitiv. (*Nota red. sov.*).

ETERUL, LUMINA ȘI SUBSTANȚA ÎN FIZICA LUI NEWTON

1. CORELAȚIILE DINTRE PRINCIPIILE ȘI IPOTEZELE LUI NEWTON

În „Chestiunea" a 31-a din *Optica*, Newton caracterizează succint principala sa metodă de cercetare: „A deduce două sau trei principii generale ale mișcării din fenomene și, după aceasta, a expune modul în care însușirile și acțiunile tuturor corpurilor materiale derivă din aceste principii evidente, ar fi fost un pas foarte important în filozofie, chiar dacă cauzele acestor principii n-ar fi încă descoperite".

Newton a fost întemeietorul acelei metode inductive speciale care poate fi denumită „metoda principiilor", și ne-a dat primele exemple ale ei. Sub diferite denumiri — „metoda termodinamică", „extrapolare matematică", „principiul observabilității" — metoda lui Newton reînvie necontenit și se dezvoltă pînă în zilele noastre, căpătînd, îndeosebi în fizica modernă, o forță euristică neobișnuită.

Adesea metoda lui Newton este denumită empirică, fiind opusă raționalismului. Aceasta este greșit, pentru că principiile nu sînt de loc un simplu echivalent al experienței, ci un rezultat foarte complex al selectării conștiente, al generalizării matematice a experienței și al unui sistem de definiții și noțiuni. Descoperirea și formularea corectă a unor asemenea principii, ca legile mecanicii, primul și al doilea principiu al termodinamicii, ecuațiile cîmpului electromagnetic, principiul relativității, relația de incertitudine — este

etapa cea mai dificilă și cea mai importantă în făurirea unui sistem științific, care nu poate fi în nici un caz echivalată cu o simplă stabilire de rezultate experimentale.

Ca exemplu istoric poate servi a doua lege a mișcării a lui Newton. Pentru a exprima această lege este nevoie de noțiunile de masă și forță, noțiuni generale, a căror deducere din experiență este destul de dificilă; în limbajul lor, pe baza experienței și după o generalizare corespunzătoare, se poate obține legea:

$$f = \dot{mv}.$$

Generalitatea acestei relații vectoriale este foarte mare; însă, în textul principal al legii, Newton merge mai departe pe linia extrapolării matematice, afirmînd că „variația cantității de mișcare este proporțională cu forța motrice aplicată", adică

$$f = \overline{\dot{(mv)}}.$$

Extinderea matematică a experienței elementare nu o contrazice pe aceasta, ea conține însă, totodată, posibilități cu totul noi (dependența masei de viteză), dezvăluite abia în fizica modernă. Generalizarea cuprinde, bineînțeles, un element mai mare sau mai mic de arbitrar, dar, la limită, principiul coincide întotdeauna cu experiența, întrucît s-a născut din ea.

Această structură a principiilor determină viabilitatea și trăinicia lor. Ca și *Elementele* lui Euclid în geometrie, *Principiile* lui Newton au rămas, în esența lor, și astăzi baza stabilă a fizicii clasice. În fizica relativistă și cuantică principiile lui Newton au păstrat valoarea unui caz-limită, foarte important în practică. Partea principală a fizicii lui Descartes, cu șirul ei de ingenioase ipoteze arbitrare, care nu au rezultat nemijlocit din experiență, ci, dimpotrivă, au fost inventate pentru a explica experiența, și-a trăit de mult traiul.

După cum spune newtonianul Haiiy, întemeietorul cristalografiei științifice: „Sistemul (adică ipoteza,

S.V.) este un roman al naturii, iar teoria (adică fizica principiilor, *S.V.*) este istoria ei, o istorie care, fără a se abate vreodată de la adevăr, cuprinde concomitent trecutul, prezentul și viitorul"[1].

Lui Newton îi erau clare avantajele metodei principiilor; pe aceasta se bazează disprețul său pentru ipoteze. Metoda principiilor nu era însă de loc universală, bună de folosit în forma sa pură la crearea unei teorii fizice închegate, astfel încît Newton, vrînd-nevrînd, a trebuit să recurgă la ipoteze.

În domeniul fenomenelor astronomice, informațiile despre mase, viteze și poziții, necesare pentru aplicarea principiilor, se puteau obține din observații și experiență, și teoria era dusă pînă la capăt, fără deficiențe și fără ipoteze arbitrare. Însă pentru extinderea principiilor mecanicii asupra celorlalte domenii ale fizicii și chimiei erau inevitabile unele noțiuni despre structura substanței, care, cel puțin pînă în secolul al XX-lea, puteau fi obținute numai pe calea ipotezelor, prin analogie cu procesele ce se desfășoară în universul marilor dimensiuni.

Astfel, metoda principiilor avea nevoie, pentru aplicarea sa, de ipoteze; extremele s-au întîlnit, și autorul *Opticii* și al *Principiilor* a trebuit, cu mari rezerve, să imagineze ipoteze pentru desăvîrșirea, fie și preliminară, a sistemului său de fizică.

A existat și o altă cerință, aproape de neînlăturat, care îl silea să adauge la metoda principiilor presupuneri arbitrare. În caracterizarea metodei sale, citată mai sus, Newton vorbește despre posibilitatea existenței unor principii ale căror „cauze nu sînt încă descoperite", considerînd, probabil, descoperirea acestor cauze ca o sarcină ce va deveni, mai devreme sau mai tîrziu, necesară. „Descoperirea cauzei" sau explicarea principiilor nu puteau să însemne pentru Newton (atîta timp cît rămînea în cadrul fizicii și nu trecea în zone metafizice) altceva decît reducerea la faptele, noțiunile și reprezentările cele mai simple pe care le

[1] Abbé Haiiy, *Traité élémentaire de physique*, 3-me édition, I. VIII, Paris, 1821.

are omul, ca rezultat al experienței de zi cu zi. Asemenea principii elementare erau legile mișcării, a căror simplificare sau lămurire părea de neconceput.

Refuzînd „lămurirea" imediată a principiilor în fizică, Newton a lărgit considerabil posibilitățile teoretice. Datorită unei asemenea libertăți a principiilor a devenit posibilă dezvoltarea teoriei gravitației, s-a precizat extrema generalitate a termodinamicii și a luat naștere fizica teoretică modernă. Neobligativitatea lămuririi principiilor se îmbina, de altfel, la Newton cu dorința de a da o asemenea explicație, de a reduce principiile la postulate mecanice. Aceasta putea fi obținut numai pe calea ipotezelor.

Lucrul acesta rezultă deosebit de limpede din cercetările optice ale lui Newton. Principiile opticii fiind prea variate Newton stabilește următoarele „însușiri primordiale", independente, ale razelor de lumină: rectiliniaritatea, subordonarea lor legilor reflexiei și refracției, viteza, invariabilitateà culorii luminii simple, periodicitatea ei („accese alternante de reflexie ușoară și refracție ușoară"), polarizarea și difracția. Această abundență de principii transforma optica într-o știință greoaie, greu de asimilat și de înțeles. Lipsea un principiu mai general (sau cîteva), din care să rezulte toate însușirile primordiale descoperite ale luminii. Newton n-a izbutit să descopere un asemenea principiu (care să satisfacă cerințele necesare), și de aceea a apărut nevoia unei presupuneri arbitrare, unificatoare, adică a unei ipoteze.

În firea lui Newton s-au întîlnit două tendințe greu de împăcat: tendința spre precizie, certitudine și prudență în concluziile științifice și dorința, comună tuturor fizicienilor și filozofilor secolelor al XVI-lea — al XVII-lea, de a construi o doctrină despre univers cît mai desăvîrșită și atotcuprinzătoare. Cea dintîi a fost satisfăcută de metoda principiilor, cea de-a doua n-a putut fi realizată fără ipoteze. De aceea fizica lui Newton le conținea pe amîndouă, deși autorul însuși al metodei principiilor căuta, prin toate mijloacele ce-i erau accesibile, să separe principiile de ipoteze, acordînd acestora din urmă o atenție incomparabil

mai mică și neducîndu-le niciodată la o concluzie exprimată cantitativ. Numai în acest sens deviza *hypotheses non fingo* corespundea integral practicii lui Newton.

În măsura în care principiile fizicii lui Newton erau complet libere, cu condiția să corespundă experienței, în aceeași măsură ipotezele fizicii newtoniene erau limitate de cerința reductibilității lor la postulatele mecanicii. În domeniul ipotezelor fizice Newton a fost mecanicist. Epitetul de „fizică" aplicat ipotezei nu este la Newton o tautologie. Concepțiile religioase și filozofice, îndeosebi în a doua jumătate a vieții sale, au ajuns la Newton atît de concrete, încît Dumnezeu, care „umple spațiul", făcea funcție de agent fizic, determinînd, de exemplu, gravitația. De aceea, uneori alături de ipotezele fizice și mecanice, figurează la Newton și ipoteze metafizice.

2. PRIMELE VARIANTE ALE IPOTEZEI ETERULUI LA NEWTON

Încă în anii studenției Newton era, firește, bine informat despre ipotezele la modă de la începutul secolului al XVII-lea — despre eter și atomi.

În fizica lui Descartes spațiul era identificat cu materia; el era plin; mai exact, spațiul fără materie, vidul geometric, era considerat o simplă abstracție. Un asemenea spațiu îi era necesar lui Descartes ca un motor turbionar pentru explicarea cineticii fenomenelor cerești, ca un mediu pentru propagarea luminii și pentru acțiuni magnetice. Spațiul lui Descartes era sinonim cu eterul și era prima ipoteză, destul de amănunțit elaborată, a eterului.

În tinerețe, Newton cunoștea fără îndoială cartezianismul și ipoteza eterului apare la el de timpuriu, pentru prima oară în 1672, în răspunsul la observațiile

polemice ale lui Hooke pe marginea lucrării sale *Teoria luminii și a culorilor*[1]. Comparînd ipoteza emisionistă și cea ondulatorie a luminii, Newton scrie: „Oscilațiile eterului sînt tot atît de utile și de necesare și într-una și în cealaltă. Căci dacă vom presupune că razele de lumină se compun din particule mici, emise de corpul luminos în toate direcțiile, atunci aceste particule, ajungînd pe suprafețe refringente sau reflectoare, trebuie să provoace oscilații în eter, tot atît de inevitabil ca și o piatră aruncată în apă". Apoi, Newton explică în ce mod poate fi aplicată această ipoteză corpuscular-ondulatorie combinată la explicarea diferitelor culori și pentru înțelegerea fenomenelor din lamele subțiri. Noțiunea de eter nu se precizează în această primă expunere ipotetică a lui Newton. Putem doar observa că, pentru ca această comparație între corpusculul de lumină și piatra care cade pe suprafața apei să fie consecventă, trebuie să admitem că în raport cu corpusculul de lumină eterul trebuie să fie tot atît de continuu, ca și apa în raport cu piatra.

Folosirea ipotezei eterului în răspunsul către Hooke n-a fost de loc un simplu procedeu polemic, ca și toată concepția combinată a corpusculilor și undelor. Peste trei ani, la sfîrșitul anului 1675, Newton a trimis lui Oldenburg un amplu memoriu intitulat: *O ipoteză care explică însușirile luminii, expuse în cîteva articole ale mele*[2]. Acest titlu „ipotetic" al memoriului, atît de neobișnuit pentru Newton, i-a uimit într-atîta pe discipolii și adepții lui, încît chiar din cea mai completă culegere a operelor lui Newton, editate la sfîrșitul secolului al XVIII-lea de către episcopul S. Horsley, acest memoriu lipsește; el a fost publicat de Birch în *Istoria Societății regale*[3]. Memoriul conține o dezvoltare amănunțită a considerațiilor exprimate în răspunsul dat lui Hooke în 1672.

[1] I. Newtoni, *Opera* (S. Horsley), IV, Londini, 1782, p. 322.

[2] Memoriul a fost tradus de mine (v. Usp. fiz. n., 1927, 7, 185).

[3] Th. Birch, *The History of the Royal Society of London*, v. III, 1757, p. 248.

Sînt demne de atenție motivarea și rezervele cu care începe memoriul lui Newton: „Am observat — scrie el — că unii, pe care nu i-am putut convinge de justețea părerii mele, vorbind abstract despre natura luminii și a culorilor, ar fi căzut ușor de acord cu mine dacă le-aș fi explicat raționamentul meu cu ajutorul unei oarecare ipoteze. Din această cauză, am considerat nimerit să vă trimit o descriere amănunțită a acestei ipoteze. În ceea ce mă privește eu nu voi accepta nici această ipoteză, nici alta, întrucît consider că pe mine nu mă privește în mod obligatoriu faptul dacă însușirile descoperite de mine se explică prin această ipoteză, ori dacă ipoteza lui Mr. Hooke sau altele le pot explica. Totuși, expunînd ipoteza, pentru a evita prolixitatea și pentru a ne reprezenta mai bine lucrurile, eu voi vorbi uneori despre ea ca și cum aș fi acceptat-o și aș crede în ea. Consider că cele spuse sînt suficiente pentru ca nimeni să nu confunde ipotezele cu alte raționamente ale mele sau să judece despre autenticitatea lor după ipoteză, sau să mă considere pe mine obligat să răspund la obiecțiile împotriva memoriului de față".

Precum vedem, Newton își declina orice răspundere pentru propria-i ipoteză. Expunerea acesteia începe cu enumerarea însușirilor eterului. Aceste însușiri sînt următoarele: „Se presupune că există un oarecare mediu de eter, care are în multe privințe aceeași structură ca și aerul, dar e mult mai rarefiat, mai fin și mai elastic". Reprezentările lui Newton despre eter sînt foarte concrete. El scrie: „Un argument important în favoarea existenței unui asemenea mediu îl constituie faptul că mișcarea unui pendul într-un vas de sticlă golit de aer este aproape tot atît de rapidă, ca și în aer liber". Se poate deduce de aici presupunerea lui Newton, că după evacuarea aerului din clopot cu o pompă de aer, în el rămîne eterul, care determină amortizarea oscilațiilor pendulului. Experimentele cu pompa de aer, de care erau pasionați contemporanii lui după celebrele experiențe ale lui Guericke, pe lîngă șlefuirea lentilelor, păreau ast-

fel lui Newton un izvor de date experimentale posibile despre eter.

Varietatea funcțiilor ce trebuiau atribuite eterului îl îndemna pe Newton să presupună că eterul este într-adevăr un amestec de substanțe diferite: „Nu se poate, totuși, presupune — scrie el — că acest mediu este o materie omogenă; el se compune în parte din corpul principal, inert al eterului, în parte din diferite alte spirite eterice, ca și aerul, în multe privințe, care se compune din corpul inert al aerului, amestecat cu diferiți vapori sau produse ale respirației. În favoarea unei asemenea eterogenități pledează, pare-se, emanațiile elastice și magnetice, și principiul gravitației". Aceste considerații, care seamănă cu celebrele fantezii ale lui Descartes, și apoi presupunerea că, „poate, tot edificiul naturii nu este altceva, decît diferite combinații ale unor spirite eterice sau vapori, condensați parcă prin precipitare", și că „e posibil, ca toate lucrurile să fi apărut din eter" — poartă o evidentă amprentă carteziană.

După critica nimicitoare a eterului din ultimele decenii, eterul newtonian din 1675 poate părea cu totul arhaic. Recent, la începutul secolului al XX-lea, el nu părea încă arhaic. Mă voi mărgini la un singur exemplu. Amplele cercetări ale lui D.I. Mendeleev cu privire la elasticitatea gazelor la presiuni foarte joase aveau ca scop să obțină pe cale experimentală eterul. „Încă în deceniul al optulea, scrie Mendeleev[1] — m-a urmărit stăruitor întrebarea: ce este eterul în înțelesul chimic? Întîi am presupus că eterul este suma gazelor celor mai rarefiate, în stare limită. Experiențele au fost efectuate de mine la presiuni mici, dar n-am obținut decît un răspuns vag".

Principial aceste experiențe ale lui Mendeleev se deosebeau prea puțin de experiențele lui Newton cu pendulul în clopotul pompei de aer. Ca și Newton, Mendeleev considera că eterul este un amestec; el scria: „Mi se pare admisibil că eterul din univers nu

[1] D. I. Mendeleev, *Încercarea explicării chimice a eterului din univers*, în *Opere alese*, vol. II, 1934, p. 467.

este un gaz complet omogen, ci un amestec de cîteva gaze apropiate de stare limită, adică este compus, ca și atmosfera noastră terestră, dintr-un amestec de cîteva gaze"[1].

Fără să bănuiască că ideile sale despre eter sînt în multe privințe identice cu ipoteza lui Newton, Mendeleev, printr-o curioasă coincidență, și-a plasat eterul în grupa zero din tabloul periodic, denumindu-l „newtoniu". Această asemănare dintre noțiunile despre eter ale acestor oameni geniali, pe care îi separau veacuri, nu este întîmplătoare; ea arată că în cadrul imaginilor mecanice din secolul al XX-lea, era greu să se confere eterului o altă imagine decît aceea din secolul al XVII-lea.

După ce expune însușirile generale ale eterului, Newton trece în memoriul său la explicarea diferitelor fenomene cu ajutorul ipotezei eterului. El descrie experiențe electrostatice cu atracția și repulsia de către sticlă a unor fîșii de hîrtie și conchide: „Eu nu-mi pot închipui apariția tuturor acestor mișcări greșite altfel decît prin intermediul unei materii fine, condensată în sticlă și rarefiată la frecare, așa cum apa se rarefiază transformîndu-se în vapori la încălzire; această materie, rarefiindu-se, se propagă în spațiul din jurul sticlei pe o distanță mare și, obligată să se miște și să circule în mod diferit, acționează corespunzător asupra hîrtiuțelor, pînă cînd se întoarce înapoi în sticlă și aici se condensează".

Newton caută explicația atracției gravitaționale a Pămîntului și în condensarea continuă a „spiritusului eteric", dar de un alt gen. Eterul gravitațional este, după Newton, probabil, de natură uleioasă sau vîscoasă, și din această cauză aderă ușor la pereții porilor substanței, ca vaporii la pereții vaselor. Datorită acestei însușiri a eterului gravitațional, Pămîntul poate să-l condenseze necontenit și din cauza aceasta eterul se mișcă întotdeauna de sus în jos, antrenînd după sine corpurile prin care trece, cu o forță proporțională cu suprafața tuturor particulelor corpului asupra cărora

[1] D. I. Mendeleev, *op. cit.*, p. 474.

acționează. Curentul eteric gravitațional se compensează prin urcarea lentă a aceleiași cantități de materie de pe pămînt în sus (atmosfera, vaporii de apă, ploaia), „căci, spune Newton, natura este un muncitor veșnic, care produce lichide din corpuri solide și solide din lichide, lucruri stabile din volatile și volatile din stabile, fine din grosolane și grosolane din fine". În această amplă imagine fantastică, „spiritusul" eteric fin se transformă treptat în gaze, vapori și lichide obișnuite.

Apoi, Newton înzestrează eterul cu însușirea de a oscila, avînd în vedere fenomenele de lumină. Aceste oscilații, spre deosebire de cele sonore, sînt foarte frecvente și mici și urmează una după alta la o distanță mai mică de 1/100 000 de țol (adică mai puțin de $2{,}5.10^5$ cm). Newton are în vedere, probabil, semiundele luminoase. În afară de funcții strict optice, Newton atribuie oscilațiilor eterului rolul de mediator, „cu ajutorul căruia se întreține mișcarea particulelor substanțelor în fermentare sau în putrefacție, a lichidelor curgătoare, a corpurilor topite incandescente sau a altor corpuri încălzite. Aceste corpuri sînt lovite de oscilațiile eterului ca o corabie de valuri". Precum vom vedea, Newton leagă această funcție a oscilațiilor eterului cu fenomenele de rezonanță.

El consacră destul de mult loc folosirii ipotezei eterului la explicarea posibilității mișcărilor musculare. Pentru aceasta, după părerea lui Newton, s-ar putea presupune că omul poate, după bunul său plac, să contracte și să dilate eterul care pătrunde în mușchi. Această compresiune sau dilatație trebuie să fie însoțită de modificarea compresiunii mușchiului, produsă de eterul exterior înconjurător. „Spiritusul" sau eterul animal se deosebește la Newton de eterul electric și gravitațional, examinate înainte. Aceste eteruri diferite pot să nu se amestece între ele. Este interesantă în legătură cu aceasta, următoarea frază, în spirit pur cartezian, pe care o întîlnim la Newton: „Această imiscibilitate este posibilă și în corpuri eterice, după cum aceasta are loc, probabil, între eterurile din vîrtejurile Soarelui și ale planetelor".

„Înțelegerea chimică" a eterului merge la Newton foarte departe. Încercînd să lămurească rolul eterului în mișcările animalelor, el se bizuie pe faptul că „unele lucruri imiscibile devin miscibile datorită unui al treilea lucru", și citează cîteva exemple din chimie. „În același mod, conchide el, gazul eteric animal din om poate fi un intermediar între eter și sucurile musculare, ușurîndu-le să se amestece mai liber... Țesuturile devenind mai miscibile cu eterul exterior obișnuit, acest spiritus permite eterului să pătrundă ușor pentru o clipă în mușchi și în cantități mai mari, decît s-ar fi produs fără intermediul lui; eterul poate ieși din nou liber, de îndată ce mediatorul amestecului este înlăturat... Datorită acestui fapt, se va produce întinderea sau compresia mușchiului și, prin urmare, mișcarea animală care depinde de aceasta".

S-ar părea că ar fi greu să se înainteze mai departe, pe linia asimilării însușirilor eterului cu ale unei substanțe obișnuite, dar tînărul profesor de la Cambridge se exprimă și mai lămurit: „Nu văd, scrie el, de ce fermentația din inimă n-ar putea degaja din țesuturile ei un asemenea gaz fin, care ar fi provocat aceste mișcări, după cum frecarea sticlei degajă un gaz, care provoacă atracția electrică, iar arderea degajă din flacără un gaz, care pătrunde prin sticlă, după cum a arătat Mr. Boyle, iar varul, oxidînd metalele, se aliază cu ele".

În scrisoarea către Oldenburg din 14 decembrie 1675, expediată îndată după memoriu, Newton vorbește despre posibilitatea verificării experimentale a presupunerilor lui în experiențele cu pompa de aer. „Ideea mea de a prinde eterul în cursă, scrie Newton, amintindu-și de gluma lui Boyle, mi se pare nu chiar atît de ridicolă cum i s-a părut lui. Sper că, dacă el intenționează să efectueze un șir de experiențe cu pompa sa de aer, el va încerca de asemenea să vadă cum acționează compresiunea sau dilatarea mușchiului asupra înmuierii sau durificării lui, asupra alungirii sau contracției lui".

Partea principală a memoriului din 1675 este consacrată aplicării ipotezei eterului la explicarea feno-

menelor luminoase. Mai limpede decît în oricare alt loc, Newton își expune aici ideile despre natura luminii. „Eu presupun, scrie el, că lumina nu este eter, nu este mișcarea sa oscilatorie, ci ceva de altă natură, care se propagă de la corpurile luminoase".

Newton lasă amatorilor libertatea să presupună sub acest „altceva" lucrurile cele mai felurite: un flux de corpusculi, fluxul unui alt mediu eteric sau pur și simplu o combinație de diferite însușiri periodice. Argumentul care l-a obligat să renunțe, în 1675, la identificarea oscilațiilor eterului cu lumina, a fost rectiliniaritatea razelor de lumină. Nici el, nici Hooke n-au putut să explice această rectiliniaritate pe baza noțiunilor ondulatorii, iar Huyghens, după cum se știe, i-a dat o explicație cu totul greșită.

Laturile pozitive ale imaginii ondulatorii erau evidente pentru Newton, mai ales în legătură cu fenomenul culorilor lamelor subțiri; de aceea oscilațiile eterului capătă un mare rol funcțional în ipoteza sa asupra luminii.

Pentru explicarea refracției și reflexiei luminii, Newton admite că spațiul este plin de eter, iar în substanță densitatea sa scade. Variația densității eterului se produce treptat. După presupunerea lui Newton, eterul și lumina se află în interacțiune. Lumina încălzește eterul, iar eterul exercită o presiune asupra luminii în așa fel, încît un fascicul de lumină nimerind în zona gradientului densității eterului, deviază spre eterul mai rarefiat. Astfel se explică refracția și reflexia totală la trecerea luminii dintr-un eter mai puțin dens într-unul mai dens (adică dintr-o substanță mai densă într-una mai puțin densă).

Pentru a înțelege reflexia obișnuită și metalică a luminii, Newton, asimilînd din nou eterul cu corpurile obișnuite, își aduce aminte de faptul că „lichidele sînt mai puțin suple și flexibile în apropierea suprafețelor lor, decît în părțile lor interioare", adică de tensiunea superficială. „Eu presupun, scrie el, că eterul este mai puțin suplu și flexibil la confluența a două medii decît în alte locuri, iar supleța lui este cu atît

mai mică cu cît diferența de densitate între medii este mai mare".

La aceste ipoteze Newton adaugă următoarea observație. După părerea sa, suprafața eterică refringentă învăluie suprafața aspră a corpului, făcînd-o optic netedă. „Nu trebuie să credem, raționează el, că la șlefuirea sticlei sau a metalului, nisipul, cenușa sau alte prafuri folosite pentru frecare pot netezi atît de corect suprafața, ca partea superioară a fiecărei particule să devină perfect plană, iar toate aceste planuri să fie orientate în aceeași direcție, cum se cere corpurilor bine șlefuite la care reflexia se realizează de către particulele lor. Astfel de prafuri de șlefuit întîi netezesc corpurile pînă la asperitățile mai mari, așa încît ele devin vizibile, apoi pînă la asperitățile din ce în ce mai fine, pînă cînd ele vor deveni atît de fine, încît suprafața eterică o învăluie uniform și corpul capătă un aspect șlefuit". Firește, pentru îndeplinirea unor asemenea funcții „de netezire", eterul trebuie să fie continuu sau, cel puțin, să se compună din particule foarte mici în comparație cu particulele substanței.

Newton se întreabă de ce dintre razele incidente în același fel, pe aceeași suprafață și în același timp, unele se refractă, iar altele se reflectă. Răspunsul la această întrebare nu e simplu nici în vremea noastră. În teoria ondulatorie formală a luminii, în varianta ei elastică și în cea electromagnetică, se presupune de la început că unda se împarte într-una incidentă, una reflectată și una refractată, iar apoi, pe baza ecuațiilor fundamentale, a condițiilor la limită și a celor inițiale, se determină amplitudinile acestor unde (ecuațiile lui Fresnel). Obligativitatea existenței simultane a undei reflectate și a celei refractate a putut fi demonstrată abia pe baza reprezentărilor de rezonanță electronică (Esmarch, Ewald). În afară de aceasta, întrebarea lui Newton poartă amprenta fățișă a ipotezei dinainte admise despre natura luminii. Într-adevăr, pentru imaginea ondulatorie despărțirea simultană a undei într-una reflectată și una refractată nu constituie nimic uimitor, în schimb, dacă admitem că lu-

mina este un flux de particule, nu este chiar atît de ușor să înțelegem, de ce dintre particulele componente, aflate în condiții identice, unele se refractă iar altele se reflectă.

Răspunsul lui Newton este foarte ingenios, dar și complicat. „Eu presupun, scrie el, că, lovindu-se de o suprafață eterică aspră care le opune rezistență, razele... provoacă oscilații pe această suprafață. Aceste oscilații se propagă în toate direcțiile atît într-un mediu rarefiat, cît și într-unul dens. Ca și oscilațiile aerului care produc sunetul, ele iau naștere de la o lovitură și continuă cu cea mai mare intensitate acolo unde au început, comprimînd și dilatînd alternativ eterul pe suprafața fizică arătată, căci din căldura produsă de lumină în corpuri, reiese că ea poate pune în mișcare particulele corpului și cu atît mai mult poate încălzi și pune în mișcare eterul, care e mult mai fin. Mult mai probabil e faptul că lumina nu transmite nemijlocit mișcarea particulelor grosiere ale corpului, ci prin intermediul eterului".

Apoi urmează considerații foarte interesante despre rezonanță. Aceste rînduri conțin, pare-se, prima aplicare a ideii de rezonanță la fenomenele optice. „Lovitura fiecărei raze în parte, raționează Newton, poate produce multe mii de oscilații: trimițîndu-le prin corp, raza pune în mișcare toate particulele, poate într-o mișcare mai vie decît dacă ar fi pusă în mișcare o singură particulă printr-o lovitură directă, căci oscilațiile, împingînd fiecare particulă înainte și înapoi, pot spori necontenit mișcarea ei, așa cum face clopotarul cu clopotul lovind mai des în el. Astfel, particulele pot fi puse într-o mișcare mai intensă decît cea realizată printr-un șoc simplu al razei, sau prin vreo altă mișcare a eterului, în afară de cea oscilatorie. De exemplu, mișcarea particulelor în aerul cuprins într-un vas provocată de încălzire, fie ea chiar foarte intensă, nu este în stare să comunice corpurilor atîrnate în vas o mișcare oscilatorie sau de translație. Dar dacă vom pune aerul într-o mișcare oscilatorie, lovind într-o tobă sau două, el va lovi în ferestrele de sticlă, în corpul omului și în alte obiecte masive, mai ales dacă

aceste corpuri au un ton concordant; am observat într-adevăr o zguduire vizibilă a pardoselii de piatră într-un subsol, ce se afla sub picioarele mele, al unei clădiri mari, care n-ar putea fi produsă cred, de loviturile a 500 de bețe de tobă, doar dacă s-ar fi succedat rapid unele după altele, la intervale egale de timp".

Oscilațiile eterului sînt necesare lui Newton pentru ca suprafața eterului, despre care a fost vorba mai sus, și care determină refracția și reflexia luminii, să se afle în mișcare oscilatorie. „Dacă raza se lovește de mediu în momentul unei mari compresiuni, scrie el, atunci, presupun că suprafața este prea compactă și aspră pentru a lăsa să treacă raza, și o reflectă. Însă razele care se izbesc de suprafață într-un alt moment, și anume cînd ea este dilatată în intervalul dintre două oscilații sau nu e prea densă și comprimată, trec prin ea și se refractă".

Cu ajutorul oscilațiilor eterului provocate de lumină, Newton explică culorile lamelor subțiri și inelele de interferență, admițînd în plus că oscilațiile eterice se propagă mai repede decît lumina care le-a provocat. „Dacă facem această presupunere, scrie el, atunci la căderea luminii pe o peliculă sau pe o lamă subțire a vreunui corp transparent, undele, provocate de trecerea luminii prin prima suprafață, depășesc razele una după alta. Cînd raza va ajunge la suprafața a doua, undele o vor obliga să se reflecte sau să se refracte acolo, după cum partea undei care depășește raza este densă sau rarefiată".

La sfîrșitul părții ipotetice a memoriului, Newton folosește ideea eterului pentru explicarea difracției. El consideră că fenomenul ocolirii obstacolelor de către razele de lumină este provocat, poate, și de faptul că eterul exterior începe să se rarefieze la o anumită distanță de corp, trecînd continuu de la starea mai densă dinafara corpului la o stare mai puțin densă din interiorul lui. Un asemenea gradient de densitate la suprafață determină, după părerea lui Newton, refracția razelor care trec alături, ceea ce corespunde difracției. Examinînd diferite cazuri de difracție la trecerea luminii pe lîngă o pană opacă ascuțită, el

arată că regiunea gradientului în acest caz formează o zonă foarte subțire, în care, la trecerea luminii, iau naștere oscilații ale eterului, identice cu cele din lamele subțiri. Aceste oscilații pot fi folosite, după părerea lui Newton, pentru a explica descompunerea spectrală observată la difracție, precum și culorile lamelor subțiri.

Cu aceasta se epuizează aplicațiile ipotezei eterului în memoriul din 1675. Atît prin funcțiile cît și prin însușirile sale, eterul lui Newton seamănă foarte puțin cu eterul lui Descartes. Răspunzînd pretențiilor lui Hooke, cum că s-ar folosi de ipoteza lui, Newton a putut să-i răspundă cu deplină îndreptățire: „N-am nimic comun cu el, în afara presupunerii că eterul este un mediu capabil să producă oscilații, dar eu folosesc această presupunere cu totul altfel: el presupune că oscilațiile reprezintă lumină, iar eu presupun că nu e așa"[1]. În aceasta constă deosebirea dintre Newton și Hooke, precum și de Descartes.

Eterul i-a fost necesar în optică lui Newton, în 1675, înainte de toate pentru a explica fenomenele de refracție și reflexie. În această epocă, ca și Descartes, el considera că singurul mod de a transmite mișcarea este ciocnirea sau atingerea nemijlocită. Suprafața corpurilor trebuia să fie neapărat acoperită de asperități, în comparație cu corpusculii de lumină, și în locul refracției și reflexiei regulate, la orice suprafață șlefuită, ar trebui să apară o difuzie în ambele medii. Newton învinge această dificultate, precum se vede din memoriul arătat, inundînd mental întregul corp, inclusiv suprafața lui, cu un eter continuu, de densitate mai mică decît în spațiul înconjurător.

Se înțelege ușor că un asemenea eter i-a fost absolut necesar de îndată ce a trecut la interpretarea mecanică a fenomenelor optice. O altă ieșire nu exista. Eterul, precum vedem, a fost construit după chipul lichidelor obișnuite, caracterizate prin mobilitate, elasticitate, viscozitate și tensiune superficială. Asemănarea se transforma într-o înrudire apropiată, întrucît eterul,

[1] Th. Birch, *op. cit.*, 1757, p. 279.

după Newton, se putea transforma în substanțe obișnuite. Singura deosebire principială față de formele cunoscute ale substanței, era „finețea" eterului. Newton nu definește mai precis această finețe; sub ea se poate subînțelege o continuitate, dar și o granulație foarte fină. În închipuirea lui Newton, după cum vedem, o particulă de eter în comparație cu particulele de substanță și lumină este aproximativ același lucru ca și o moleculă de apă în comparație cu piatra.

Newton folosește cu virtuozitate ipoteza sa, creînd pe baza ei scheme mecanice ale gravitației, ale acțiunilor electrostatice, ale mișcărilor musculare și ale tuturor fenomenelor optice ce-i erau cunoscute în 1675. Dacă ar fi fost amator al unei fizici de acest gen, pe baza ipotezei din 1675 s-ar fi putut naște neîndoios foliante de fantezii, nu mai puțin atrăgătoare, dar mult mai convingătoare și mai consecvente decît la Descartes.

3. SCRISOAREA DESPRE ETER ADRESATĂ LUI R. BOYLE

De altfel, ideile despre eter n-au fost la Newton întîmplătoare și efemere. În volumul IV al operelor sale (ediția Horsley) este publicată, după o copie, o amplă scrisoare a lui Newton către R. Boyle din 28 februarie 1679[1], care constituie un fel de adaos la memoriul din 1675, consacrată aplicării modelului newtonian al eterului la procesele fizico-chimice.

Ca și în memoriu, în această scrisoare particulară către Boyle, Newton se dezice el însuși de propria sa ipoteză, declinîndu-și orice răspundere pentru ea. Numai că de data aceasta el o declară nu la început, ci la sfîrșit.

[1] Isaaci Newtoni, *Opera*, IV, p. 385.

„În ceea ce mă privește, am atît de puțină simpatie pentru lucruri de acest fel, încît fără încurajarea dv., care m-ați îndemnat, cred că nu m-aș fi apucat niciodată să scriu despre așa ceva".

Scrisoarea începe cu cinci presupuneri, care precizează noțiunea de eter și, în mare măsură, reproduc ideile memoriului din 1675.

1) Se presupune că în întregul spațiu se află răspîndită o substanță eterică, capabilă de compresiune și dilatare, și care e foarte elastică, „într-un cuvînt — spune Newton — în toate privințele asemănătoare aerului, numai că e mult mai fină".

2) Se presupune că eterul pătrunde în toate corpurile, însă în porii acestora el este mai rarefiat decît în spațiul liber, și cu cît porii sînt mai mici, cu atît e mai rarefiat.

3) Se presupune că eterul rarefiat din interiorul corpurilor și eterul mai dens dinafara lor trec unul într-altul treptat și nu sînt mărginite de suprafețe matematice bine determinate.

4) Se presupune că la apropierea a două corpuri eterul dintre ele devine mai rarefiat decît înainte și zona rarefierii treptate se întinde de la suprafața unui corp la suprafața celuilalt. „Cauza acestui fenomen constă în faptul — scrie Newton — că în spațiul îngust dintre corpuri eterul nu mai poate să se miște și să se deplaseze atît de liber".

5) „Din presupunerea a 4-a rezultă că, la apropierea corpurilor și la rarefierea eterului dintre ele, la o apropiere mai strînsă trebuie să apară o rezistență la aceasta și o tendință a corpurilor de a se îndepărta unul de celălalt. Această rezistență și tendință de a se îndepărta va crește pe măsura apropierii corpurilor, în urma rarefierii din ce în ce mai mari a eterului dintre ele, însă, cînd, în sfîrșit, ele se vor apropia într-atîta, încît excesul de presiune a eterului exterior, care înconjură corpurile, față de eterul rarefiat dintre corpuri va deveni atît de mare încît va depăși rezistența corpurilor la apropiere, acest exces de presiune va sili corpurile să se apropie puternic și să adere foarte strîns unul la celălalt".

Newton ilustrează presupunerea a 2-a prin refracția luminii, prin adeziunea lamelor lustruite în vid, prin aderența mercurului la tuburile evacuate. Principiul expus în presupunerea a 2-a poate fi, după Newton, cauza fenomenelor de filtrare și de ridicare a apei în tuburi capilare. „Căci, observă el, eu bănuiesc că eterul se poate rarefia nu numai în interiorul porilor invizibili ai corpurilor, ci și în interiorul cavităților vizibile ale acestor tuburi". Din aceeași cauză solvenții pot irupe cu putere în corpurile dizolvate de ele. Presupunerea a 3-a este, ca și în memoriu, ilustrată prin difracție.

Rezistența corpurilor la apropiere, formulată în presupunerea a 5-a, este ilustrată de Newton prin faptul că insectele merg pe apă „fără să-și ude picioarele". Din aceeași cauză, lamele lustruite aderă numai sub presiune, particulele de vopsele și săruri se dizolvă în apă și nu cad sub forma de precipitat. Pe baza aceleiași rezistențe ale particulelor la apropiere se explică facultatea aerului, a vaporilor și a produselor de respirație de a se dilata.

Pentru înțelegerea fenomenelor chimice presupunerile menționate nu sînt suficiente. Newton este nevoit să introducă „un oarecare principiu enigmatic în natură, datorită căruia lichidele se combină cu unele lucruri și nu se combină cu altele". Apa nu se amestecă cu uleiul, dar se amestecă cu alcoolul, ea pătrunde în lemn, în care mercurul nu pătrunde etc. Pe această bază, în combinație cu presupunerile menționate, Newton dă o interpretare calitativă a dizolvării metalelor.

Densitatea eterului în interiorul particulelor substanței trebuie să fie cu atît mai mică, cu cît mai mari sînt dimensiunile particulelor. Din această cauză, crede Newton, conform presupunerii a 5-a, particulele mari trebuie să se opună combinării într-un singur corp mai mult decît cele mici. În aceasta constă, poate, explicația condensării ușoare a vaporilor. Astfel, eterul, după Newton, servește pînă la un anumit grad ca regulator al dimensiunilor particulelor substanței.

Scrisoarea către Boyle se încheie cu considerații asupra naturii gravitației: „Voi adăuga încă o presupunere care mi-a venit prin minte în timp ce scriam această scrisoare, scrie el. Ea se referă la cauzele gravitației. În acest scop, eu admit că eterul se compune din particule care se deosebesc, infinit și variat, unele de altele prin finețea lor. Admit că în porii corpurilor se găsesc mai puține particule grosiere de eter, decît fine, în comparație cu spațiile libere. Prin urmare, în marele corp al Pămîntului se găsește mult mai puțin eter grosier în comparație cu cel fin, decît în spațiile aeriene. Eterul grosier din aer acționează asupra straturilor superioare ale Pămîntului, iar eterul fin al Pămîntului asupra straturilor inferioare ale aerului, în așa fel, încît de la straturile superioare ale aerului spre Pămînt și de la suprafața Pămîntului spre centrul lui eterul devine treptat din ce în ce mai fin. Să ne închipuim acum un corp suspendat în aer sau așezat pe pămînt. Conform ipotezei enunțate, eterul va fi mai grosier în porii părții superioare a corpului, decît în porii părții inferioare. Eterul grosier este mai puțin în stare să rămînă în acești pori, decît eterul fin ce se află jos; el va căuta să iasă și să lase drumul liber eterului fin de jos. Aceasta nu se poate întîmpla însă, dacă corpul nu se va coborî, eliberînd spațiul de sus, în care poate pătrunde eterul mai fin".

Noua concepție newtoniană a eterului are nevoie de lămuriri. În primul rînd, ea se deosebește considerabil de varianta din 1675. În memoriu, gravitația era provocată de fluxul continuu de eter în direcția Pămîntului, ca urmare a faptului că eterul este compensat de Pămînt. În scrisoarea către Boyle, cauza gravitației este gradientul gradului de finețe a eterului. Eterul mai fin de jos înlocuiește eterul grosier de sus. Trebuie, după cît se pare, să ne închipuim lucrurile astfel: eterul eliminat de sus, ca un obuz care pornește din tun, creează în corp un impuls îndreptat în jos.

Ca o concluzie la scrisoarea din 1679, putem arăta, pe scurt, că eterul lui Newton s-a complicat substan-

țial. A fost necesar să se introducă diferite grade de „finețe" ale eterului și, ceea ce este deosebit de penibil pentru concepția unică a eterului, la interpretarea fenomenelor chimice a fost nevoie de un nou principiu al capacității de combinare a particulelor, care reprezintă prima aluzie la viitoarele forțe de tipul gravitației.

4. ETERUL DIN *PRINCIPII* ȘI CEL DIN *OPTICA*

Concepția newtoniană a eterului împreună cu ideile atomiste despre substanță a constituit în forma ei sumară, schematică, un tablou fizic exhaustiv al universului, unind laolaltă toate compartimentele fenomenelor fizice: gravitația, electricitatea, lumina, căldura, sunetul și procesele chimice. Nu poate deci surprinde trecerea lui Newton de la optică, prin ipoteza eterului, la mecanică și gravitație. La începutul deceniului 1680—1690 centrul intereselor lui Newton se deplasează hotărît din domeniul luminii în domeniul mecanicii, schimbîndu-se totodată radical și stilul său de lucru. Experimentul și ipoteza suplă, neangajantă, au cedat locul metodei matematice riguroase și abstracției.

Rezultatul măreț al *Principiilor* — gravitația universală a derivat în mod necesar din aplicarea legilor mecanicii la mișcarea planetelor și a Lunii, fără orișice ipoteză. Eterul, cu însușirile sale vagi și arbitrare, începe să pară cu totul nepotrivit stilului viguros și armonios al fizicii noi pe care o crea Newton. Funcțiile, odinioară îndeplinite de eter, încep să fie înlocuite prin forțele formale de tipul gravitației, acționînd între mase sau sarcini, după legi determinate, și care sînt fie de atracție, fie de repulsie, fie mixte.

Primul volum al *Principiilor* se încheie cu partea a XIV-a, consacrată în întregime propozițiilor, teoremelor și problemelor de optică pe baza ipotezei forțelor, care acționează asupra razelor de lumină. În propoziția XCIV și în teorema XLVIII este dedusă astfel legea refracției; în propoziția XCVI și teorema L, pe aceeași bază, se obține legea reflexiei. În corolarul la această teoremă se arată că fenomenele de difracție confirmă faptul că forțele care acționează asupra luminii se manifestă deja la o anumită distanță de corp, obligînd razele să devieze. Mai departe, cu aceeași metodă, se rezolvă probleme ale opticii geometrice; ele devin, chiar prin terminologia lor, asemănătoare cu problemele mecanicii cerești. De pildă, problema XLVIII este formulată astfel: „Fie în jurul axului AB descrisă o suprafață de atracție, de exemplu CD, regulată sau nu, prin care trebuie să treacă corpurile care pornesc din locul dat A; trebuie găsită a doua suprafață de atracție F, care poate obliga aceste corpuri să se întîlnească în locul dat B''. Aici este vorba de o problemă de optică geometrică.

În prima ediție a *Principiilor*, din 1687, cuvîntul „eter" aproape n-a fost menționat[1], deși cartea a II-a *Despre mișcarea corpurilor* (în medii rezistente) avea ca una din sarcinile sale principale infirmarea teoriei lui Descartes, în special a spațiului eteriform. Eterul a apărut în *Principii* abia în ediția a II-a din 1713, în ultimul pasaj al celebrei *Scolii generale*, ce se află la sfîrșitul cărții. „Acum, scrie Newton, am putea să adăugăm ceva cu privire la un oarecare *spiritus* foarte fin, care pătrunde în toate corpurile grosiere și este ascuns în ele. Prin forța și acțiunea acestui *spiritus*, particulele corpurilor se atrag unele pe celelalte la distanțe mici și aderă la atingere: corpurile electrizate acționează la distanțe mari, respingînd și atrăgînd corpurile mici vecine; lumina emană, se reflectă, se refractă, deviază și încălzește corpurile; toate

[1] Numai în prima definiție, privind cantitatea materiei se menționează „un mediu, dacă acesta există, care pătrunde liber în intervalele dintre părțile corpului".

simțurile se excită, membrele corpurilor animale se mișcă la porunca voinței, prin intermediul oscilațiilor *spiritusului* ei, care se propagă prin fibrele solide ale nervilor de la organele exterioare ale simțurilor spre creier, de la creier spre mușchi. În puține cuvinte aceste lucruri nu pot fi explicate, și nici experiențele nu sînt încă suficiente pentru a defini precis legea prin intermediul căreia acționează acest *spiritus* electric și elastic".

Aceste rînduri, scrise, pare-se, cu o deosebită minuțiozitate și prudență, sînt remarcabile prin faptul că în ele nu este menționat de loc rolul posibil al eterului în gravitația universală. Nu se vorbește decît despre acțiunile la distanțe mici. Această scăpare nu este, firește, întîmplătoare, mai ales într-o carte a cărei temă principală este gravitația universală. De aici se impune concluzia că septuagenarul Newton a început să pună la îndoială existența eterului în spațiile interplanetare, limitînd aria prezenței sale la corpuri. În rest, eterul newtonian din 1713 era destinat îndeplinirii acelorași funcțiuni ca și în anii 1670—80.

Optica lui Newton, paralel cu memoriul din 1675, conține în ultima sa parte, în așa-numitele „chestiuni", foarte multe idei despre eter. Dacă vom judeca însă după edițiile mai tîrzii ale *Opticii* (ediția a doua din 1717, a treia din 1721 și a patra din 1730), atunci „Chestiunile" lasă o impresie foarte contradictorie a unei culegeri, care conține păreri, uneori chiar cu totul opuse. Pentru a lămuri transformările și dezvoltarea concepțiilor lui Newton asupra eterului, trebuie să comparăm „Chestiunile" din diferitele ediții ale *Opticii*[1].

În prima ediție engleză a *Opticii*, din 1704, nici chiar în „Chestiunile", care au un caracter ipotetic și în nici un caz nu angajează răspunderea autorului, eterul nu e menționat de loc. Oscilațiile eterului în interiorul corpurilor, provocate de razele de lumină,

[1] Comparația dintre textele diferitelor ediții ale *Opticii* este dată în vol. IV al operelor lui Newton, ed. Horsley.

care au jucat, precum s-a văzut, un rol important în interpretarea newtoniană a unui șir de fenomene optice, au fost înlocuite, pe neașteptate, în *Optica* cu oscilațiile de pe retina ochiului[1].

„Nu provoacă oare razele de lumină, întreabă Newton, care cad pe fundul ochiului în *Tunica Retina*, oscilații care se propagă de-a lungul fibrelor solide ale nervilor optici pînă la creier, provocînd senzația văzului?... Armonia și dezarmonia culorilor nu poate oare deriva din proporția oscilațiilor, care se propagă în creier pe fibrele nervilor optici, după cum armonia și dezarmonia sunetelor derivă din proporțiile oscilațiilor aerului?" Se pune apoi întrebarea, dacă culorile observate la apăsarea ochiului cu degetul nu provin în urma mișcărilor provocate pe fundul ochiului de apăsarea și mișcarea degetului, similare cu acelea pe care le produce lumina la excitarea văzului. Cu aceasta se încheie „Chestiunile" primei ediții a *Opticii*. Despre natura acestor oscilații pe retină și nervi nu se spune nici un cuvînt în „Chestiuni". În mod firesc se impune ideea că în timpul publicării primei ediții Newton considera cu mult scepticism ipoteza eterului. Faptul este confirmat de revizuirea traducerii latine a *Opticii*, care a urmat imediat în ordine cronologică, efectuată de Clarke și editată în 1706. În ediția latină Newton a făcut completări substanțiale. Aici au apărut idei precise despre eter, dar cu totul negative.

Noua „Chestiune", adăugată în 1706, și numerotată sub nr. 28 în edițiile ulterioare ale *Opticii*, este în întregime consacrată eterului. Ea începe cu punerea problemei: „Nu sînt oare greșite toate ipotezele în care lumina este atribuită presiunii sau mișcării, care se propagă printr-un anumit mediu lichid?"

Ca argument împotriva acestei idei apare din nou rectiliniaritatea propagării luminii. E adevărat că

[1] Traducerea noastră în limba rusă a fost efectuată după ediția a 2-a engleză din 1721 (I. N e w t o n, *Optica*, 1927). În această ediție chestiunile citate sînt numerotate cu 12, 13, 14, 15, 16.

Newton, care studia difracția, observă că: „Razele care trec foarte aproape de marginile vreunui corp, deviază puțin sub acțiunea corpului..., dar această deviere este îndreptată nu spre interiorul ci spre exteriorul umbrei și se produce numai la trecerea razei pe lîngă corp și la o distanță foarte mică de el. După ce raza a trecut de corp, ea își continuă mai departe drumul, în linie dreaptă". Cu alte cuvinte, Newton considera în mod greșit difracția ca un fenomen de altă natură decît obișnuita perturbare a rectiliniarității undelor; eclipsa totală a stelelor fixe la trecerea planetelor între ele și Pămînt a constituit pentru el argumentul hotărîtor în sprijinul faptului că lumina „nu se propagă pe canale întortocheate sau deviază spre interiorul umbrei".

Newton se declară foarte sceptic față de ipoteza lui Huyghens cu privire la prezența a două eteruri în cristalele spatului de Islanda. Cu toată strălucita interpretare formală a dublei refracții, Huyghens se simțea într-adevăr derutat în ceea ce privește înțelegerea concret-fizică a fenomenului. Criticînd mai departe ipoteza despre natura luminii ca o mișcare ondulatorie în eter, Newton a relevat că, din acest punct de vedere, este tot atît de greu să înțelegem cum pot razele să se afle, alternativ, fie în accese de reflexie ușoară, fie în accese de trecere ușoară. „Rămîne doar să presupunem, scrie el, că în întregul spațiu există două medii eterice oscilante, oscilațiile unuia reprezentînd lumina, iar oscilațiile celuilalt fiind mai rapide, de fiecare dată cînd acestea din urmă depășesc oscilațiile primului mediu, le provoacă accesele arătate".

Noi, care cunoaștem toate căile complexe pe care le-a parcurs ulterior dezvoltarea concepțiilor despre natura luminii, ne dăm seama limpede cît de greșite sînt toate aceste argumente ale lui Newton; la timpul lor ele au fost însă irefutabile, din cauză că teoria undelor se afla în faza ei inițială și Newton însuși era un fizician care a înțeles, mai profund decît alții, această formă a mișcării în mediu.

După obiecțiile enumerate urmează, în sfîrșit, argumentul cel mai puternic împotriva eterului în spațiu. „Împotriva umplerii cerului cu medii lichide, dacă nu sînt excesiv de rarefiate, se ridică o mare îndoială legată de mișcările regulate și foarte îndelungi ale planetelor și cometelor pe diferite traiectorii în spațiul ceresc, căci de aici rezultă limpede că spațiul ceresc este lipsit de orice rezistență vizibilă și, prin urmare, de orice materie perceptibilă". Pornind de la legea lui Boyle, Newton apreciază că densitatea aerului la o înălțime de 210 mile este aproximativ de 10^{-18} ori mai mică decît la suprafața Pămîntului, și spune: „Lichidul dens este inutil pentru a explica fenomenele naturii, mișcările planetelor și cometelor sînt explicate mai bine fără el. El ar putea servi doar pentru perturbarea și încetinirea mișcărilor acestor corpuri mari și pentru slăbirea edificiului universului. În porii corpurilor el ar putea servi numai pentru oprirea mișcărilor oscilatorii ale părților corpurilor, în care e cuprinsă căldura și activitatea lor, și întrucît ea este inutilă și împiedică acțiunile naturii, slăbindu-le, întrucît nu există dovezi de existența ei, ea trebuie să fie înlăturată. Dacă o înlăturăm, atunci o dată cu ea va cădea și ipoteza că lumina constă în presiunea sau mișcarea care se propagă printr-un asemenea mediu."

După marele triumf al mecanicii cerești înscris în *Principii*, o asemenea argumentație împotriva eterului dens, capabil să denatureze mișcările regulate ale corpurilor cerești, este cu totul explicabilă. După cum se vede însă din ultimul citat, Newton merge mai departe; pronunțîndu-se negativ nu numai despre eterul din spațiu ci și despre eterul din interiorul corpurilor. Cu totul neobișnuit pentru Newton este faptul că, pentru a susține negarea eterului, el se referă la autoritatea atomiștilor antici: „În favoarea înlăturării acestui mediu, avem autoritatea acelor vechi filozofi, cei mai celebri, din Grecia și Fenicia, care au admis *vacuum*-ul și gravitația atomilor ca principii fundamentale ale filozofiei lor, atribuind tacit gravitatea unei alte cauze, și nu materiei dense".

Care este această cauză? Aici avem o aluzie transparentă la natura sa metafizică: „Filozofii de mai tîrziu, — scrie mai departe Newton, în 1706, — au eliminat concepția despre o asemenea cauză din filozofia naturală, inventînd ipoteze pentru interpretarea mecanică a tuturor lucrurilor și atribuind celelalte cauze metafizicii. Însă îndatorirea principală a filozofiei naturale este de a trage concluzii din fenomene, fără a inventa ipoteze, și a deduce cauzele din acțiuni, pînă cînd vom ajunge la cauza inițială, care, firește, nu este mecanică". Urmează apoi raționamente nebuloase, care se focalizează în cele din urmă în afirmarea existenței unei ființe vii, raționale și atotputernice, care, în spațiul infinit, „vede parcă în sensoriul său toate lucrurile de aproape, le străvede și le înțelege pe deplin, datorită apropierii lor nemijlocite de ea".

Astfel, dacă în prima ediție a *Opticii* din 1704, eterul este pur și simplu trecut sub tăcere, în 1706, în ediția latină, el este negat categoric și înlocuit printr-o cauză metafizică.

În 1937 Hiscock a publicat extrase din însemnările lui D. Gregory[1], care conțin expunerea unor convorbiri cu Newton. Conform însemnării din 21 decembrie 1705, tendința ediției latine a *Opticii* devine mai clară. Gregory notează: „Sir Isaac Newton a fost cu mine și a relatat că a pregătit șapte pagini de completări la cartea sa despre lumină și culori într-o nouă ediție latinească; în «Chestiuni» el a explicat explozia prafului de pușcă și principalele acțiuni chimice. El a demonstrat că lumina nu este o transmitere a mișcării sau presiunii. El înclină să creadă că lumina constă din corpusculi mici. El a explicat în „Chestiuni" dubla refracție a cristalului de Islanda. El avea îndoieli dacă poate formula ultima «Chestiune» astfel: cu ce este umplut spațiul, liber de orice corp? Adevărul constă în faptul că el crede în divinitatea omniprezentă în sensul literal al cuvîntului. Așa cum simțim noi obiec-

[1] D. Gregory, *I. Newton and their circle. Extracts from D. Gregory's memoranda* (1677—1708), Edited by W. G. Hiscock, 1937.

tele, cînd imaginile lor ajung în creier, așa trebuie să simtă și Dumnezeu orice lucru, fiind mereu prezent lîngă el. El crede că Dumnezeu este prezent în spațiu, atît în cel liber de corpuri, cît și acolo unde există corpurile. Considerînd însă că această formulă este prea categorică, el intenționează să scrie astfel: ce cauză atribuiau anticii gravitației? El crede că anticii considerau că această cauză este Dumnezeu și nu vreun corp oarecare, căci orice corp este el însuși deja greu".

Am spus mai sus, că în 1713, în a doua ediție a *Principiilor*, eterul înlăturat este din nou adus în discuție în ultimele fraze ale cărții; funcțiile eterului sînt limitate la corpuri, iar eterul din spațiu nici nu e menționat.

În 1717, în a doua ediție engleză a *Opticii*, cînd Newton avea 75 de ani, pozițiile sale se schimbă din nou. În carte apar opt „Chestiuni" noi despre eter, care, deși sînt interogative, au fără îndoială un caracter pozitiv. În „Chestiunea" a 18-a se pune întrebarea: „Nu este oare condusă căldura unei camere încălzite prin *vacuum*, prin intermediul oscilațiilor unui mediu mai fin decît aerul, care rămîne *in vacuo*, după extragerea aerului?... Nu pătrunde oare acest mediu cu ușurință în toate corpurile? Și nu se extinde oare el (datorită forței sale elastice) în întreg cerul?" În „Chestiunile" 19 și 20 eterul este folosit pentru explicarea refracției și difracției pe baza aceleiași scheme, ca și în raționamentele din 1670—80. În „Chestiunea" 21 gradientul densității eterului, la trecerea din corp în spațiu, este folosit pentru explicarea gravitației. „Această creștere a densității, scrie Newton, pe distanțe mari poate fi foarte înceată; însă, dacă forța elastică a acestui mediu este extrem de mare, atunci această creștere poate fi suficientă pentru a împinge corpurile de la părțile mai dense ale mediului spre cele mai rarefiate cu întreaga forță, pe care o numim gravitație". Vom aminti că în scrisoarea către Boyle, la explicarea gravitației figura gradientul fineței particulelor de eter, înlocuit aici prin gradientul densității. Avem aici a treia variantă de model mecanic, eteric al gravitației lui Newton.

Pe baza vitezei luminii, el calculează că forța elastică a eterului în raport cu densitatea lui trebuie să depășească de peste $4 \cdot 9 \cdot 10^{11}$ ori forța elastică a aerului în raport cu densitatea lui. Apoi Newton pune pentru prima oară problema structurii atomice a eterului. Într-o formă foarte prudentă, exprimînd parcă o părere străină, el scrie: „Dacă cineva presupune că eterul (ca și aerul) conține poate particule, care caută să se respingă unele pe altele (eu știu ce este acest eter), că particulele sale sînt extrem de mici în comparație cu particulele aerului și chiar ale luminii, atunci micimea extraordinară a acestor particule poate favoriza o mărime a forței, datorită căreia particulele se resping unele pe altele, făcînd ca mediul să fie extrem de rarefiat și elastic în comparație cu aerul, și, prin urmare, într-o măsură infimă apt să reziste mișcărilor corpurilor aruncate și foarte apt datorită tendinței spre destindere, să exercite o presiune asupra corpurilor mari". Astfel, Newton însuși arată posibilitatea de a ocoli dificultatea care se naște în urma rezistenței eterului față de mișcarea corpurilor cerești, citată în „Chestiunea" a 28-a. „Dacă vom presupune că acest eter, scrie el în «Chestiunea» a 22-a care urmează, este de 700 000 de ori mai elastic și mai mult decît de 7 000 000 de ori mai rarefiat decît aerul nostru, atunci rezistența lui va fi de mai bine de 600 milioane ori mai mică decît a apei. Această rezistență atît de mică nu va determina o variație sensibilă a mișcării planetelor în decurs de 10 000 de ani".

În următoarele două „Chestiuni" noi din ediția 1717 se pune întrebarea, dacă văzul nu provine din oscilațiile eterului în retină și nervi și dacă oscilațiile eterului în creier, care se propagă în nervi și mușchi, nu determină mișcările animalelor. Trebuie să menționăm că în ediția din 1704 aproape aceleași întrebări sînt puse fără nici o legătură cu eterul.

Dacă am aprecia părerile științifice ale lui Newton numai după noile completări, atunci, desigur, am fi putut vorbi despre o transformare radicală a concepțiilor sale în problema eterului într-un sens pozitiv. În realitate situația se complică prin faptul că, în a doua

ediție engleză a *Opticii*, toate variantele „Chestiunilor" din edițiile 1704 și 1706 sînt în esență păstrate și publicate alături de „Chestiunile" „proeterice" din 1717.

Ordinea acestor „Chestiuni" contradictorii nu este întîmplătoare. În edițiile a doua (1717), a treia (1721) și a patra (1730) ale *Opticii*, redactate fără îndoială personal de Newton, „Chestiunile" sînt orînduite în următoarele grupe:

1) Nr. 1—17, în majoritatea lor din 1704, sînt „Chestiuni" care se referă la însușirile luminii, la interacțiunea între lumină și substanță, și oscilațiile care apar în retină și nervi la căderea luminii, fără vreo mențiune despre eter.

2) Nr. 18—24 din 1717, sînt „Chestiuni" care sugerează realitatea eterului.

3) Nr. 25—28 din 1706, se referă la polarizarea luminii și conțin argumente împotriva eterului; se afirmă cauza inițială nemecanică a fenomenelor.

4) Nr. 29—31 din 1706, sînt „Chestiuni" care tratează procesele optice și fizico-chimice, ca rezultat al mișcării particulelor, printre care acționează forțe de repulsie și de atracție.

Este important să relevăm, că în ediția din 1717, în ultima „Chestiune", a 31-a, sînt adăugate următoarele rînduri „formaliste", care repetă deviza *hypotheses non fingo* din a doua ediție a *Principiilor* din 1713: „Ipotezele nu trebuie examinate în filozofia experimentală, și deși argumentarea pe baza experiențelor și observațiilor prin inducție nu constituie o demonstrație a concluziilor generale, aceasta este însă cea mai bună cale de argumentare, admisă de natura lucrurilor, și poate fi considerată cu atît mai puternică, cu cît mai generală este inducția".

Această sentință a lui Newton poate fi, după cît se pare, considerată cheia structurii complexe a „Chestiunilor", în acea formă în care ele au început să fie tipărite, începînd cu ediția a 2-a engleză. Pe baza acestei chei, structura este aproximativ următoarea:

„Cele mai importante sînt însușirile empirice ale luminii, expuse în textul principal al cărții și în primele 17 „Chestiuni". Unele din aceste însușiri pot fi

interpretate cu ajutorul ipotezei eterului („Chestiunile" 18—24), dar această ipoteză contrazice alte însușiri („Chestiunile" 25—28). Cel mai corect este („Chestiunile" 29—31), fără a crea ipoteze, să se descrie fenomenele pe baza experiențelor și observațiilor după metoda inducției sau, mai precis, după metoda principiilor".

Cu alte cuvinte, Newton a renunțat în cele din urmă, atît în *Optica* cît și în *Principii*, să răspundă la întrebarea despre eter. Eterul era pentru el, fără îndoială, o ipoteză, iar „ipotezele nu trebuie examinate în filozofia experimentală".

Meditațiile sale în decurs de peste 50 de ani cu privire la ipoteza eterului s-au terminat prin renunțarea la însăși punerea problemei, în numele principiului *hypotheses non fingo*. În scepticismul său față de eter, Newton a rămas aproape izolat în secolele XVIII—XIX, și abia fizica din timpurile noastre a împărtășit cu hotărîre scepticismul său.

5. ATOMISMUL LUI NEWTON

Ca și alți fizicieni, Newton discuta despre eter, văzînd în el un eventual mediator material între diferitele aglomerări de substanță. Substanța însăși, ca și fragmentarea ei în părți mai mari sau mai mici, răspîndite în spațiu, era în afara oricărei discuții. În legătură cu aceasta, problema structurii substanței a fost pusă din timpuri vechi ca o problemă fizică fundamentală, care și-a găsit o rezolvare în atomismul anticilor.

În lucrările publicate și în manuscrisele din moștenirea lui Newton nu s-au păstrat încercări de fundamentare a atomismului. Totuși atomismul anticilor îi era bine cunoscut. În *Cursurile de optică*, publicate în 1668—1669, citim: „Acei care ne învățau pînă acum

despre culori, o făceau fie în vorbe, ca peripateticienii, fie căutau să cerceteze natura și cauzele lor, ca epicurienii și alți autori mai noi". Aceste rînduri ale tînărului Newton, scrise la începutul carierii sale didactice, ni-l dezvăluie ca pe un adept al filozofiei atomiste a lui Epicur. Referirile la Epicur se întîlnesc la Newton și în alte locuri. În scrisoarea a treia către Bentley, scrisă la 25 februarie 1693[1], el menționează părerea lui Epicur cu privire la caracterul înnăscut al gravitației materiei. În ediția latină a *Opticii*, din 1706, precum s-a mai arătat, există, în legătură cu critica concepției eterului, o referire la filozofii greci și fenicieni, care au admis *vacuum*-ul, atomii, gravitația atomilor ca principii primordiale ale filozofiei lor. În biblioteca lui Newton, după cum se poate constata din catalog, exista un exemplar al poemului epicurean al lui Lucrețiu, ediția 1686[2].

Însă despre atomi, ca particule indivizibile chiar în sensul epicurean, Newton nu vorbește niciodată, preferînd noțiunea vagă și largă de particule sau corpusculi[3]. Celebra „Chestiune" a 31-a, fizico-chimică, din *Optica* se referă integral la interacțiunea dintre atomi și molecule, ca să folosim limbajul contemporan, însă termenul de „atomi" nu este menționat nici aici. Newton nu se mulțumește cu noțiuni generale și caută să precizeze reprezentările despre particulele care compun corpurile.

Partea a III-a din cartea a II-a a *Opticii* este consacrată problemei culorilor constante a corpurilor naturale și analogiei dintre ele și culorile lamelor subțiri. Propoziția a V-a conține o ipoteză foarte îndrăzneață, dar greșită, despre natura culorii corpurilor. „Părțile transparente ale corpurilor (adică, corpusculii elementari, *S.V.*), corespunzător diferitelor lor dimensiuni, reflectă razele unei culori și lasă să treacă altele,

[1] I. Newtoni, *Opera*, IV, 1782, p. 438.
[2] R. de Villamil, *Newton: The Man*, p. 84.
[3] Se poate de altfel arăta că Lucrețiu nu folosește nici el termenul „atomi", înlocuindu-l cu alte denumiri. Vezi Lucreț iu, *Despre natura lucrurilor*, 1947, obs. 55 trad. de D. Murărașu, București.

tot astfel cum lamele subțiri sau baloanele reflectă sau lasă să treacă diferite raze. Aceasta, cred eu, este cauza tuturor culorilor corpurilor". Pe baza aceasta apreciază Newton dimensiunile particulelor elementare, după culorile corpurilor. „Astfel, dacă vrem să cunoaștem diametrul unui corspuscul care are aceeași densitate ca și sticla și care reflectă lumină verde de ordinul al treilea, atunci cifra $16\ ^1/_4$ va arăta că diametrul lui va fi de $\frac{16\ ^1/_4}{1\ 000\ 000}$ țoli". Cu alte cuvinte, părțile care determină culoarea corpurilor naturale au dimensiuni de ordinul lungimilor de undă ale luminii vizibile. În legătură cu aceasta, autorul *Opticii*, în ediția din 1717, exprimă speranța că, „cu timpul, o dată cu perfecționarea microscopului, vom reuși,poate, să descoperim acele particule ale corpurilor de care depinde culoarea lor, dacă între timp microscopul n-a atins deja într-o anumită măsură acest grad de perfecțiune". „Dacă acest lucru va reuși, adaugă Newton, mă tem că vom ajunge la limita extremă a văzului. Căci, se pare, că acțiunile misterioase și nobile ale naturii nu pot fi observate mai departe, în interiorul corpusculilor, din cauza transparenței lor".

Newton considera că argumentația sa în favoarea acestei teorii a culorilor corpurilor naturale este atît de puternică, încît a plasat-o în textul principal al *Opticii* și n-a mutat-o la „Chestiuni".

Principala inovație în teoria newtoniană a substanței a fost noțiunea foarte clară a complexității particulelor care compun corpurile. Aici se află, poate, cauza pentru care Newton evita să vorbească despre atomii indivizibili. Complexitatea structurii particulelor era cerută înainte de toate de optica newtoniană. După cum rezultă din teoria coloratiei corpurilor, propusă de el, particulele care determină această coloratie sînt foarte mari; dimensiunile lor trebuie să fie de ordinul lungimii de undă a luminii. Dar dacă aceste particule sînt continue, cum se poate explica atunci, la asemenea dimensiuni, propagarea rectilinie a luminii prin corpurile transparente? Această dificultate l-a preocupat permanent pe Newton; ulterior, în secolul al

XVIII-lea, ea a constituit pentru Euler, Lomonosov și mulți alți fizicieni principala temă a atacurilor lor împotriva teoriei emisioniste. În memoriul din 1675 Newton a căutat rezolvarea acestei dificultăți recurgînd la eter, care nivelează neomogenitățile. „Fără îndoială, spunea el, în fiecare corp transparent există pori de dimensiuni diferite, iar eu am spus că eterul se află în stare de maximă rarefiere în porii cei mai mici; de aceea eterul din fiecare por trebuie să aibă o rarefiere diferită..., ceea ce trebuie să ducă la difuzie și la distrugerea transparenței corpului. Trebuie, însă, avut în vedere că în toate corpurile dense eterul este permanent agitat de oscilații neîntrerupte... Aceasta trebuie să distribuie eterul în mod uniform în toți porii, care nu depășesc o anumită lărgime, să presupunem lărgimea oscilației, și astfel eterul va avea o densitate egală în întregul corp transparent, corespunzător dimensiunii mijlocii a porilor".

Această explicație puțin convingătoare a fost ulterior abandonată. În locul ei în *Optică* se dezvoltă ideea structurii complexe a particulelor corpului. Particulele, după Newton, conțin într-adevăr, în volumul lor, mai mulți pori cu vid decît materie, și de aceea sînt cu totul permeabili pentru lumină. „Să ne închipuim, scrie el, că aceste particule ale corpurilor sînt așezate astfel, încît intervalele sau spațiile vide între ele sînt de o mărime egală cu ele, că aceste particule pot fi compuse din alte particule, mai mici, iar spațiul vid dintre ele poate fi egal cu mărimea tuturor acestor particule mai mici, și că, tot astfel, aceste particule mai mici se compun la rîndul lor din altele și mai mici, care, toate laolaltă, sînt egale ca mărime cu toți porii sau spațiile vide dintre ele... Dacă există cinci asemenea grade într-un corp, vor fi în corp de 31 de ori mai mulți pori, decît părți solide. Dacă există șase grade, atunci numărul porilor va fi de 63 de ori mai mari decît cel al părților solide. Și așa mai departe, pînă la infinit[1]. Există și alte căi pentru înțele-

[1] Raportul între volumul porilor V și volumul particulelor solide v, la n grade va fi: $V : v = 2^{-n}—1$.

gerea porozității corpurilor. Dar care este în realitate structura lor internă, noi n-o știm încă". În „Chestiunea" a 31-a, apărută în ediția din 1706, acest tablou aproximativ al structurii complexe a particulelor este explicat în termenii doctrinei despre atracții și repulsii. „Particulele cele mai mici ale materiei se pot combina prin intermediul atracțiilor mari, constituind particule mai mari, dar mai slabe; multe din ele se pot de asemenea combina și constitui particule și mai mari dar cu o forță și mai slabă, și astfel ele se vor succeda, pînă cînd progresia se va termina cu cele mai mari particule de care depind acțiunile chimice și culorile corpurilor naturale". Din aceste cuvinte ale lui Newton reiese clar, că după părerea sa, *însușirile chimice și optice ale substanței sînt determinate de particulele complexe, și nu de corpusculii elementari*. Această concluzie era motivată nu numai prin considerentele optice citate, care au păstrat pentru noi un interes istoric, ci prin argumentele luate din practica alchimistă a lui Newton și care sînt destul de moderne.

Se știe că alchimia și chimia stăteau permanent în centrul intereselor și activității lui Newton. Timp de aproape 30 de ani din viața sa la Cambridge, Newton a efectuat multe experiențe în laboratorul său de chimie. Din caietele manuscrise ce s-au păstrat, din corespondența cu Boyle și Locke, și, în sfîrșit, din amintirile secretarului lui Newton, omonimul său — Humphrey Newton reiese că scopul principal al experiențelor de chimie era vădit alchimist — transformarea metalelor și obținerea aurului[1].

Nu ne propunem să expunem și să analizăm aici rezultatele cercetărilor lui Newton. Concluzia ce se degajă din experiențele sale de alchimie, ca și a tuturor predecesorilor și contemporanilor săi, este, firește, destul de tristă. Dar spre deosebire de alții, din experiențele chimice negative, Newton a putut să tragă o concluzie de cea mai mare importanță. Într-un scurt memoriu, *Despre natura acizilor*, el scrie următoarele

[1] Vezi S. V a v i l o v, *Isaac Newton*, 1943, p. 142 ed. rusă (v. cap. XI, ediția de față). — *N.R.*

rînduri remarcabile, referitoare la aur și mercur: „Aurul constă din particule care se atrag reciproc; vom denumi suma lor prima combinație, iar suma acestor sume a doua combinație etc. Mercurul și apa regală pot trece prin pori între particulele ultimei combinații, dar nu între altele. Dacă solventul ar putea trece prin alte combinații, cu alte cuvinte, dacă s-ar putea despărți particulele de aur ale combinației întîi și a doua, atunci aurul ar fi devenit lichid și fluid. Dacă aurul ar fi putut să fermenteze, el s-ar fi putut transforma într-un alt corp".

Precum se știe, istoricii științei și biografii marelui fizician n-au acordat cuvenita atenție acestor rînduri. Ele conțin însă o explicație a sterilității căutărilor în vederea transformării elementelor. Agenții și solvenții chimici acționează, după părerea lui Newton, numai asupra „ultimelor combinații de particule de aur", adică asupra părților slab legate de forțele de atracție. Însușirile principale ale unui corp se caracterizează însă prin „prima combinație", cea mai puternică și mai trainică. Procesele chimice extrem de puternice, Newton le denumește fermentare. În cazul aurului, asemenea acțiuni puternice ar putea distruge „prima combinație" și ușura trecerea aurului într-un alt corp. Dacă am folosi termenii fizicii moderne, am putea reda ideea lui astfel: „Particulele de aur sînt complexe; o parte a corpusculilor, care intră în componența lor, este legată strîns și puternic de forțele de atracție, formînd un nucleu mic, greu destructibil; alți corpusculi, dimpotrivă, se atrag slab și de aceea se află la o distanță sensibilă, la periferia particulei și pot fi ușor smulși prin intermediul diferiților agenți. Transformarea aurului în alte corpuri este posibilă numai cu condiția distrugerii nucleului său".

Asemenea atomiștilor antici, care au anticipat cu milenii în urmă demonstrația naturii atomice a substanței, Newton, anticipînd dezvoltarea fizicii și chimiei cu trei secole, distinge trăsăturile principiale ale structurii complexe a atomilor chimici. Precum s-a spus mai sus, el a fost inspirat în acest sens de propagarea luminii în substanță și mai ales de fenomenele

chimice. Nu putem să nu remarcăm cu regret că contemporanii și urmașii lui Newton n-au înțeles și n-au cunoscut această idee a sa, exprimată, ce-i drept, succint și prudent.

În concluzie, nu putem să nu ne exprimăm uimirea în fața intuiției ireproșabile, fără precedent, a lui Newton, manifestată nu numai pe tărîmul trainic al experienței și al principiilor, ci și pe oceanul instabil al ipotezelor. Poziția lui Newton la bătrînețe, hotărît negativă și în cel mai bun caz agnostică, față de ipoteza eterului mecanic, asemănător substanței, a fost integral confirmată de dezvoltarea fizicii moderne din ultimii 50 de ani.

Tendința stăruitoare a lui Newton de a îmbina în concepția despre lumină însușiri corpusculare și ondulatorii, chiar și într-o formă pur mecanică și pe temeiuri nu întotdeauna juste, a fost tot atît de surprinzător întruchipată în fizica cuantică. În sfîrșit, ideile ipotetice ale lui Newton despre structura substanței, exprimate într-o formă principială generală și totodată clară, au fost sub ochii noștri traduse în limbajul fizicii moderne a atomului și a nucleului atomic.

Trebuie să ne amintim cît de surprinzătoare și neverosimile păreau la început aceste rezultate fizicienilor din generația noastră, pentru a aprecia în deplină măsură perspicacitatea sau cel puțin norocul întîmplător al lui Newton în ipotezele sale.

ATOMISMUL LUI I. NEWTON[1]

Lagrange spunea că Newton nu este numai cel mai mare, ci și cel mai fericit geniu: „Sistemul lumii poate fi stabilit numai o singură dată"[2]. Fericirea sa a constat în faptul că, după părerea lui Lagrange, sistemul lui a fost singurul just și reprezenta un adevăr etern și de neclintit.

Cele două secole și jumătate de dezvoltare a fizicii, după apariția *Principiilor* și după cercetările de optică ale lui Newton, au fost o perioadă a verificării lor continue. Tezele principale ale fizicii lui Newton — teoria gravitației, schema generală a forțelor centrale care acționează la distanță, doctrina despre culorile simple monocromatice și periodicitatea lor — și-au păstrat integral valoarea și astăzi. Timpul a introdus în noua interpretare doar unele completări neînsemnate.

Se știe că secretul „veșniciei" capitolelor principale ale fizicii lui Newton constă, în primul rînd, în metoda

[1] Referat prezentat la Londra în iulie 1946, la sărbătorirea celei de-a 300-a aniversări de la nașterea lui I. Newton, de către Societatea regală din Londra. Autorul aduce mulțumirile sale prof. Dale, membru de onoare al Academiei de Științe a U.R.S.S., care a dat citire textului referatului la o ședință la Royal Institution.

[2] D e l a m b r e. *Notice sur la vie et le travail de M. Lagrange*. Mémoires de la classe des Sc. math. et phys. de l'Institut de France, 13, p. 46. Histoire de classe mathem. (1812).

ireproșabilă și riguroasă a savantului. Pe baza inducției elementare a lui Bacon, Newton și-a creat metoda sa proprie, genială și grea, care ar putea fi denumită „metoda principiilor" și reprezintă un aliaj compus din generalizarea rațională a experienței cantitative și a logicii cantitative, adică a matematicii.

Principiile de fizică ale lui Newton, prin rolul lor funcțional, sînt analoge axiomelor geometriei, însă găsirea lor este extrem de dificilă și Newton considera aceasta drept sarcina cea mai importantă. El spunea: „A deduce două sau trei principii generale ale mișcării din fenomene și a expune apoi cum decurg însușirile și acțiunile tuturor obiectelor materiale din aceste principii evidente, ar fi fost un pas foarte important în filozofie, chiar dacă cauzele acestor principii n-ar fi fost încă descoperite".

Acest „pas foarte important în filozofie" fusese înfăptuit de Newton însuși într-o formă clară, precisă și conștientă în ceea ce privește mecanica, în *Principii*, și fusese pregătit, dar fără să fie dus pînă la capăt, în cercetările sale de optică. Pe baza acestei metode, generațiile următoare au construit termodinamica, electrodinamica, teoria relativității și mecanica cuantică. Metodei newtoniene de a deduce „principiile", epoca modernă i-a adăugat atotputernica generalizare matematică, ale cărei exemple se află în ecuațiile lui Maxwell, Schrödinger, Dirac și altora. Priceperea genială de a descoperi „principii" eficiente, arta subtilă de a efectua experiențe cantitative raționale și măiestria matematică — toate acestea laolaltă au determinat trăinicia operei științifice a lui Newton.

De cealaltă parte a acestor „adevăruri eterne", dacă am putea să ne exprimăm astfel, par să se afle, la prima vedere, ipotezele lui Newton. Neîncrederea, scepticismul și chiar atitudinea ironică a lui Newton față de ipotezele altora și ale sale proprii, sînt firește legate, înainte de toate, de însușirile lui personale, de exigența sa excepțională față de sine însuși, față de părerile sale. O mare însemnătate a avut, probabil, asupra sa influența lui Barrow. În *Cursurile de optică și geometrie*, precum și în *Cursurile de matematică* ale lui

Barrow, se află destule observații sceptice și ironice ale profesorului lui Newton la adresa ipotezelor fizice și matematice, printre altele și a celor privind natura luminii. Cunoscutul pasaj din *Cursurile de optică* a lui Barrow despre cauza culorilor, incriminat de obicei lui Newton, în calitate de coredactor al ediției, trebuie, probabil, considerat ca o parodie și o satiră intenționată la adresa ipotezelor de optică ale peripateticienilor[1]. Este interesant că, cea dintîi lucrare științifică importantă a lui Newton, *Cursurile de optică* (1669), spre deosebire de toți predecesorii și contrar tradiției stabilite, nu conține *nici un fel de ipoteze* despre natura luminii. Însă, spre deosebire de Barrow, lecțiile lui Newton au un caracter profund fizic. Astfel, principiul „*hypotheses non fingo* dacă n-a fost proclamat deschis, practic a fost integral aplicat deja în *opus primus* a lui Newton".

Totuși, în ciuda poziției riguroase a lui Newton față de ipoteze, se știe bine că el a fost autorul mai multor ipoteze, atît juste cît și greșite, dar întotdeauna net și precis delimitate de elementul esențial asupra căruia insista. Tocmai din cauza scepticismului său, ipotezele lui Newton au avut o însemnătate relativ restrînsă în dezvoltarea ulterioară a fizicii. Însă pentru clarificarea adevăratei concepții despre lume a lui Newton aceste ipoteze sînt foarte interesante și importante.

În perioada cînd atomii au ieșit din categoria ipotezelor și au intrat în categoria celor mai puternice realități, este cu deosebire actual să ne oprim asupra concepțiilor atomiste ale autorului lui *hypotheses non fingo*.

Newton n-a expus niciodată într-o formă sistematică ideile sale atomiste. În formă fragmentară însă, ele pot fi urmărite de-a lungul întregii sale vieți, de la *Cursuri de optică* pînă la ultima ediție a *Opticii*, apărută în timpul vieții autorului.

Izvoarele informațiilor atomiste inițiale ale lui Newton sînt clare. În primul rînd, aceasta a fost tra-

[1] S. I. Vavilov, *Cursurile de optică ale lui I. Newton* (în cartea I. Newton, *Cursuri de optică*, 1946, p. 260).

diția nemijlocită a atomiștilor antici — Democrit, Epicur, Lucrețiu. Pe acesta din urmă, fără îndoială, Newton îl citise și îl cunoștea; un exemplar din Lucrețiu se afla în biblioteca sa personală[1].

Ideile atomiste au ajuns apoi la Newton prin intermediul contemporanilor, al unor predecesori ca Galileu, Gassendi, Descartes și, probabil, în forma cea mai eficientă, prin profesorul și prietenul său I. Barrow. Predicile teologice și *Cursurile de matematică* ale lui Barrow sînt pline de referiri la Democrit, Epicur și Lucrețiu.

În tinerețe Newton și-a formulat clar pozițiile sale atomiste, în partea a doua a *Cursurilor de optică*[2], opunîndu-i pe peripateticieni, la care totul se reducea la vorbe, „epicurienilor și altor autori noi, care căutau să cerceteze natura și cauza culorilor". Newton însuși, e adevărat, nu apără nicăieri în mod deschis teoria corpusculară a luminii. Respingînd însă cu hotărîre concepțiile lui Aristotel, Descartes și Hooke, el nu pune la îndoială nicăieri în *Cursurile de optică* concepțiile lui Democrit și Epicur. În afară de aceasta, judecînd după expresii și cuvinte izolate, care îi scapă lui Newton în textul *Cursurilor*, putem întrezări ușor că, vorbind despre „razele de lumină", el avea în imaginația sa chipul unor particule în zbor. El scrie despre razele de lumină, că ele *resilicent* (se desprind) sau *flucissent* (curg) și menționează razele *succesive incidentes* (consecutiv incidente).

Hipnoza tradițiilor și a curentelor la modă nu putea fi însă un factor hotărîtor pentru inteligența excepțional de independentă și critică a lui Newton. Trebuia să fi existat argumente care într-adevăr l-au convins pe Newton de justețea atomismului.

Care au fost argumentele teoriei epicuriene care au putut să-l convingă pe Newton? Înainte de toate este clar că tînărul creator al analizei infiniților mici era cu totul convins de eroarea paradoxului matematic al

[1] R. de Villamil, *Newton: The Man*, p. 84.
[2] I. Newton, *Opuscula*, t. II, Lausannae et Genevae (1744), p. 182.

eleaților, reprodus după tradiția lui Democrit și Epicur, de către Lucrețiu[1].

Dacă acestea, apoi, n-ar fi cît de mici cu putință,
Corpuri micuțe de tot ar cuprinde părți nenumărate,
Căci jumătățile lor ar avea jumătăți fiecare
Și s-ar urma cu aceasta sfîrșit făr-a fi vreodată.
Ce osebiri ar mai fi între ceea ce-i mic ce-i totul?
Sigur nici una, căci oricît de fără sfîrșit este lumea?
Înseși acele ce-s mici, deopotrivă avea-vor și ele
Alcătuirea din părți care sînt nesfîrșite la număr.
Cum e-mpotrivă gîndirea cea dreaptă și mintea nu poate
Asta s-o creadă, siliți vom primi că se află și corpuri
Neprevăzute cu părți și-n micime de asemenea pe treapta
Cea mai din urmă, și o dată ce sînt așadar în ființă,
Mărturisi-vei-și tu că, solide, au veșnică viață.

Barrow consacră infirmării acestui paradox cîteva pagini elocvente în ale sale *Sectiones mathematicae*[2].

Demonstrațiile anticilor nu s-au limitat însă de loc la sofismul matematic arătat. Mobilitatea substanței, transformările sale continue, caracterul discontinuu și capacitatea de a se fragmenta în părți foarte mici duceau în mod necesar la concluzia că substanța constă din particule. Puteau aceste particule să fie oricît de mici? Aceasta este contrazis de caracterul limitat al fenomenelor, de repartiția lor, de renașterea și ereditatea lor[3].

Însă cum fiecăruia îi e, după specii, dată,
O țărmurire în creștere ca și în timpul de viață,
Cum apoi firea rostește prin legile-i neschimbătoare
Tot ce-ar putea săvîrși or nu fiecare ființă,
Și cum nimic nu se schimbă, ba totu-i atît de statornic
Că feluritele păsări de neam în neam toate ne-arată
Cum moștenesc pe-al lor trup anumite specifice pete,

[1] Lucreţiu, *Despre natura lucrurilor*, I, trad. de F. A. Petrovski, 1946, p. 41: *Poemul naturii*, trad. de D. Murărașu, București, 1947, p. 16.

[2] Barrow, *The Mathematical Works*, Cambridge, 1860, p. 145.

[3] Lucreţiu, *op. cit.*, I, p. 41: *Poemul naturii*, p. 15.

Însăși materia-ntreagă a lor e nevoie să aibă
Neschimbătoare principii.
Și dovedite acestea, urma-voi s-adaug un lucru
Care din ele urmează: anume, semințele prime
Nu sînt la-nfățișare în chip nesfîrșit felurite.

Raționamentul citat al lui Lucrețiu poate fi interpretat astfel: dacă corpurile s-ar compune dintr-un număr infinit de părți infinit mici sau infinit fragmentabile, atunci combinațiile posibile ar fi fost infinit de variate. Restabilirea formelor anterioare ar fi fost improbabilă.

Faptul că în fenomenele eredității și în transformările chimice revin în mod necesar aceleași forme, confirmă dimensiunile finite ale particulelor. În aceste condiții, probabilitatea restabilirii formelor anterioare devine finită.

Vorbind apoi despre formele atomilor și modalitățile combinațiilor lor, Lucrețiu introduce și alte limitări, bazîndu-se pe caracterul limitat al formelor corpurilor naturale[1].

Principiile prime ale lucrurilor,
Precum ușor te vei convinge acum,
Sînt variate în formele lor doar pînă
La anumite limite[2].

Și mai departe:

Totuși departe credința că toate ar fi întrunite-n orișice chip.

Aceste argumente ale anticilor, reproduse de Lucrețiu, sînt indiscutabile și-și păstrează puterea pînă astăzi, ca o dovadă de netăgăduit a atomismului, accesibilă oricui. Abia la sfîrșitul vieții, în ultimele ediții ale *Opticii*, Newton, după cum vom vedea mai jos, menționează tocmai această demonstrație a anticilor ca argumentul său principal. Argumentul expus transforma de fapt ipoteza într-un principiu. Însă Newton, pînă la sfîrșitul zilelor sale, nu se hotăra la o asemenea transformare.

[1] Lucreţiu, *op. cit.*, I, p. 101: *Poemul naturii* p. 43.
[2] *Ibidem*, p. 113; *ibidem*, p. 48.

Neutralitatea formală a lui Newton față de atomism, exprimată în *Cursuri de optică*, s-a păstrat în memoriile sale ulterioare, în scrisorile privind descoperirile opticii și, mai ales, în marele său memoriu „ipotetic" din 1675 prezentat în fața Societății regale, dar nepublicat în timpul vieții sale: „O ipoteză care explică însușirile luminii, examinate în diferitele mele articole"[1].

În acest memoriu care tratează îndeosebi despre eter și oscilațiile sale, denumite lumină, Newton vorbește despre concepția atomistă ca de un lucru de la sine înțeles. În multe pasaje el menționează, fără alte explicații, „părți", „părticele", „corpusculi" ai substanței. El scrie de pildă[2]: „În lichide nu trebuie să ne reprezentăm suprafețele tuturor părților lor drept plane, ci planurile părților superficiale ca fiind orientate întotdeauna în același sens, cu toate că mișcarea lor e continuă".

Cea mai importantă pentru lămurirea concepțiilor lui Newton din acești ani este ultima parte a memoriului, care oferă o explicație a culorilor naturale ale corpurilor. Această „ipoteză" a devenit ulterior pentru Newton o „teorie", ceea ce se poate deduce din faptul că ea a fost transpusă, aproape fără modificări, în textul principal al *Opticii* din 1704. Concepțiile ipotetice din această carte, Newton, după cum se știe, le-a plasat în cadrul „Chestiunilor", așezate la sfîrșit. Dată fiind extrema prudență a lui Newton în această privință, o asemenea așezare a lor, repetată în toate edițiile *Opticii*, nu putea fi întîmplătoare.

Dacă am aplica terminologia fizică modernă, Newton se folosește de fenomenele de interferență pentru explicarea culorilor naturale ale unui corp. El pornește de la modelul structurii substanței, analog cu structura stratului developat în fotografia lui Lippmann[3].

„Părțile cele mai mici ale corpurilor naturale sînt transparente într-o anumită măsură, și întunecimea

[1] Th. Birch, *The History of the Royal Society of London*, V, III, 1757, p. 248.

[2] *Ibidem*,, p. 259.

[3] *Ibidem*, p. 308.

acestor corpuri apare din cauza numeroaselor reflexii ce se produc în părțile lor interioare.

Între părțile corpurilor întunecate sau colorate se află multe interstiții, umplute de medii cu alte densități.

Părțile corpurilor și interstițiile lor nu trebuie să fie mai mici decît o anumită grosime pentru ca ele să fie întunecate și colorate.

Părțile transparente ale corpurilor trebuie să reflecte, în concordanță cu diferitele lor dimensiuni, razele de o culoare și să lase să treacă razele de altă culoare.

Părțile corpurilor, de care depind culorile lor, sînt mai dense decît mediul care umple interstițiile între ele.

Grosimea părților componente ale corpurilor materiale poate fi apreciată după culorile lor".

În aceste „propoziții" este expusă baza teoriei lui Newton. El încheie cu cuvintele care confirmă caracterul concret al reprezentărilor sale în privința ipotezei propuse de el[1].

„Nu este exclusă posibilitatea să reușim, cu timpul, o dată cu perfecționarea microscopului, să descoperim părticelele corpurilor de care depinde culoarea lor*. Căci dacă aceste instrumente sînt perfecționate sau pot fi perfecționate într-atîta încît să prezinte obiectele cu destulă claritate de 500 sau 600 de ori mai mari, decît par ochiului nostru neînarmat, sper că vom fi în stare să descoperim unii corpusculi, dintre cei mai mari. Cu ajutorul unui microscop, care mărește de 3 000 sau 4 000 de ori, vom descoperi poate toate particulele, afară de cele care produc negreala".

Aceste cuvinte reflectă clar consecvența fizicianului-experimentator. Se pare că, pentru prima oară în istoria științei, Newton deducea din concepția atomistă o concluzie principial accesibilă unei verificări experimentale, prezentînd-o ca pe viitorul *experimentum*

[1] T h. B i r c h, *op. cit.*, p. 308.

* Este interesant că, reproducînd aceste cuvinte în *Optică*, Newton a adăugat: „dacă, într-o anumită măsură, microscopul n-a atins deja un asemenea grad de perfecțiune".

crucis al atomismului. Astăzi știm că Newton a greșit în aprecierea sa cantitativă aproximativ cu două ordine de mărime. Principial însă, el a avut dreptate: microscopul electronic ne permite astăzi să observăm cu ochiul cel puțin moleculele foarte mari.

În memoriul arătat, Newton expune un mare număr de ipoteze foarte variate, declinîndu-și răspunderea pentru ele chiar de la început[1].

„Eu însumi nu voi accepta nici această ipoteză, și nici alta, întrucît pe mine ele nu mă conving... Totuși, descriindu-le, voi vorbi despre ele uneori, pentru mai multă concizie și pentru comoditatea expunerii ca și cum le-aș fi acceptat și aș crede în ele".

Demonstrîndu-și măiestria în aplicarea ipotezei atomiste, Newton totuși nu se declară nicăieri adeptul ei.

În perioada întocmirii memoriului, pozițiile lui Newton în fizică erau încă foarte neclare. În memoriu se simte într-o măsură importantă influența lui Descartes. Aici putem, de pildă, citi — într-un sens nu prea critic — despre „eter și vîrtejurile Soarelui și ale planetelor"[2]. În acești ani, Newton, probabil, șovăia încă între spațiul umplut de materie al lui Descartes și vidul lui Epicur-Lucrețiu.

Cercetările în domeniul mecanicii și astronomiei, descoperirea legii gravitației, despre care lumea a aflat din *Principii*, au schimbat însă radical concepțiile lui Newton. În locul concepției pur mecanice a lui Descartes despre atingerile nemijlocite și ciocnirile între corpuri, ca singura cauză a accelerării lor, apare schema dinamică formală a lui Newton. Ea consideră corpurile ca centre de forțe, acționînd unul asupra celuilalt la distanță. Eterul mecanic, ca intermediar între corpuri, este înlăturat de Newton, fiind o piedică pentru mișcarea regulată a aștrilor. Tabloul universului, cel puțin sub aspectul formal, este un spațiu vid în care se mișcă corpuri, acționînd unele asupra altora la distanță. Atomii lui Epicur-Lucrețiu devin o

[1] T h. B i r c h, *op. cit.* p. 249.
[2] *Ibidem*, p. 259.

întruchipare vie a universului newtonian. Spre deosebire însă de antici, părticelele sînt dotate cu forțe care acționează între ele.

În *Principii* problema atomilor este ocolită în mod intenționat de autor. Vorbind, de pildă, despre forțele de repulsie și atracție acționînd între particulele unui lichid, Newton preferă să rămînă în cadrul formalismului matematic[1].

„Dacă lichidele elastice se compun într-adevăr din părticele care se resping între ele, aceasta este o problemă de fizică. Aici am demonstrat matematic însușirea lichidului constînd din asemenea părticele, pentru ca filozofii să aibă ocazia să analizeze această problemă".

Newton reproduce chiar un desen care ilustrează poziția particulelor în lichid[2], fără însă a părăsi, și de data aceasta, pozițiile formale.

Dar dincolo de aceste culise, riguros matematice, ale *Principiilor* lucra fără îndoială gîndirea „ipotetică" a lui Newton. Nu există nici o îndoială că el medita necontenit asupra problemelor structurii corpurilor și ale atomismului, îndeosebi în legătură cu experimentele continue din laboratorul său de chimie, care au consumat în decurs de mai mulți ani o parte importantă de timp în activitatea lui Newton. Din nefericire, pînă astăzi nu avem decît foarte puține date asupra lucrărilor sale de chimie.

Putem însă afirma cu toată certitudinea, că în acești ani Newton, ca urmare la concluziile la care l-au adus mecanica, astronomia și uriașul material experimental fizico-chimic, a ajuns la o imagine a microstructurii substanței remarcabilă prin perspectiva și corectitudinea sa.

Această imagine este expusă de Newton în fragmente, după care trebuie reconstituit întregul, în diferite ediții ale *Opticii* și în micul memoriu *Despre natura acizilor*, scris în jurul anului 1692 și publicat în tradu-

[1] Sir Isaac Newton, *Principiile matematice ale filozofiei naturale*, trad. de A.N. Krîlov. (Traducerea românească de V. Marian, Ed. Academiei R.P.R., 1956).

[2] *Ibidem*.

cere engleză în 1710, în anexa la celebrul *Dicționar tehnic*, enciclopedic, al lui John Harris.

În *Optica*, lucrare cu caracter fizic, Newton vorbește, în genere, mult mai precis și mai concret despre particulele corpurilor, decît în *Principii*, și nu numai în anexă și în celebrele „Chestiuni", ci și în textul de bază. Încă în prima ediție a *Opticii*, din 1704, bazîndu-se pe transparența corpurilor și pe alte însușiri ale lor, Newton afirmă că ele trebuie să fie deosebit de poroase, că, de pildă, „în apă sînt de 40 de ori mai mulți pori, decît părți"[1]. În a doua ediție engleză a *Opticii*, din 1717, la aceasta sînt adăugate următoarele rînduri foarte importante[2]: „Este foarte greu, deși poate nu cu totul imposibil, să înțelegem cum pot avea corpurile o cantitate suficientă de pori pentru aceasta... Să ne închipuim, că aceste părticele ale corpurilor sînt așezate astfel, încît interstițiile sau spațiile goale între ele sînt egale cu ele prin mărimea lor, că părticelele pot fi compuse din altele mai mici, iar spațiul gol între ele este egal cu mărimea tuturor acestor părticele mai mici, și că, în același fel, aceste părticele mai mici sînt compuse din altele și mai mici, care, toate la un loc, prin mărimea lor, sînt egale cu toți porii sau spațiile goale dintre ele și așa mai departe, pînă cînd vom ajunge la părticele compacte, care n-au pori sau goluri în interiorul lor..., dar care este structura lor internă, nu ne este încă cunoscut".

Anticipînd secole și multe generații de cercetători, fizicieni și chimiști, Newton ajunge astfel la un sistem „ierarhic" al structurii substanței, în vîrful căruia se află într-adevăr particule elementare indivizibile. Cu cît mai mare este numărul fiecărui membru al ierarhiei, cu atît este mai larg și mai poros sistemul. În exemplul concret al sistemului ierarhic examinat de Newton, raportul dintre volumul porilor V și volumul particulelor solide v, reprezintă la n grade

$$V : v = 2^n - 1.$$

[1] Sir Isaac Newton, *Optica*, p. 209 (ed. rusă).
[2] *Ibidem*, p. 210.

Se poate, firește, pune întrebarea, de ce propune Newton un sistem „ierarhic", și nu acceptă o structură în rețea, care pare mai simplă (analogă rețelei cristaline moderne). O asemenea rețea ar putea explica foarte bine porozitatea substanței. Vom vedea, că argumentul hotărîtor în favoarea sistemului „ierarhic" au fost pentru Newton fenomenele chimice.

În locul variatelor „elemente primare" solide, absolut indestructibile, ale atomiștilor antici, el formulează concepția genială a *ierarhiei sistemelor de o trăinicie descrescîndă.*

Numai în vîrful ierarhiei se află (poate) „particule elementare", realmente indestructibile. E posibil ca Newton să le fi considerat întotdeauna identice, presupunînd o materie inițială unică și transferînd varietatea atomilor asupra sistemelor următoare. Însă în această problemă nu s-au păstrat păreri precise ale marelui fizician.

Se poate constata ușor, că posibilitatea unei concepții „ierarhice" a particulelor a fost determinată de ideea forțelor centrale, care l-a pasionat pe Newton. Nu este nevoie să arătăm, că imaginea modernă a moleculelor, atomilor, nucleelor atomice și particulelor elementare corespunde principiului schemei newtoniene.

Neclaritățile din rîndurile citate aparținînd diferitelor ediții ale *Opticii,* sînt substanțial completate de micul memoriu *Despre natura acizilor.*

Acest memoriu este uimitor prin însăși forma sa. E un conspect foarte concis, scris, pare-se, în grabă, al unei cărți întregi. În el sînt expuse idei de o excepțională importanță; acțiunile chimice ale acizilor sînt explicate prin marea forță de atracție a acțiunii lor[1].

„Prin intermediul acestei forțe de atracție, ei (acizii) înving luie părticelele corpurilor, fie ele de natură metalică, fie de piatră, și aderă strîns la ele în toate corpurile".

[1] Traducerea citată a fost făcută de pe originalul latin (comp. Anexa). M-am folosit de ediția: *Lexicon Technicum by John Harris D. D. and FRS., the Second Edition, vol. II, London, 1723.*

Repetînd o idee exprimată încă de Bacon, Newton vorbește despre mișcarea particulelor, legînd-o de fenomene termice[1]. „Părticelele corpurilor pun în mișcare lichidul și provoacă căldura... Căldura este mișcarea părticelelor".

Cele mai remarcabile sînt însă, ideile lui Newton despre transformările chimice. Bazîndu-se pe schema „ierarhică" a structurii substanței, despre care a fost vorba mai sus, Newton scrie următoarele"[2]:

„Părticelele de aur, care se atrag reciproc în cantitatea cea mai mică, le vom denumi părticele de compoziția întîi, suma unor asemenea părticele o vom numi părticele de compoziția a doua etc. Mercurul și apa regală pot pătrunde numai în porii din ultima compoziție, nu în alți pori".

Apoi urmează un pasaj de cea mai mare importanță, în care se poate constata, și nu fără temei, prima aluzie generală asupra existenței unui sistem, analog cu nucleul atomic, care nu poate fi distrus de agenți chimici obișnuiți[3]:

„Dacă un oarecare solvent ar putea pătrunde în porii părticelelor de compoziție mai mică sau dacă s-ar putea separa părticelele de compoziția întîi de cele de compoziția a doua, atunci aurul ar deveni fluid sau cel puțin moale, și dacă ar putea să fie pus să fermenteze, el s-ar transforma într-un alt corp".

Dacă am înțeles just aceste rînduri ale lui Newton, ele conțin o explicație principială a insuccesele alchimiștilor de a transforma aurul în alte elemente. Chiar reactivi atît de puternici ca mercurul și apa regală distrug numai combinațiile superioare (în limbajul modern — legăturile intramoleculare dintre atomi). În substanță există particule de compoziția a doua (atomi chimici în accepția modernă), pentru distrugerea cărora reactivii chimici cunoscuți nu sînt suficienți. Compoziția întîi (nucleul atomic în înțelesul nostru) posedă o rezistență și o stabilitate și

[1] *Op. cit.*
[2] *Ibidem.*
[3] Sir Isaac Newton, *Optica*, p. 287 (ed. rusă).

mai mare. Newton amintește de posibilitatea principială de a provoca „fermentarea" aurului (a atomului și a nucleului său). Astăzi știm ce agenți neobișnuiți sînt necesari pentru aceasta (mezotroni, neutroni etc.). Newton întrezărise doar posibilitatea existenței acestor agenți.

S-ar părea că el n-avea temeiuri (cunoscute nouă) de a diferenția nucleul de atom în întregul lui. Anticipînd parcă viitorul, Newton i-a rezervat însă atomului chimic două trepte de compoziție: prima și a doua, prima compoziție (nucleul) avînd un volum mult mai mic. Dacă ținem seama de deosebita prudență a lui Newton în ceea ce privește expresiile și termenii, o asemenea împărțire poate fi considerată într-adevăr providențială.

Astfel, putem descoperi la Newton, cu destul temei, ideea clară despre compoziția atomului chimic și presupunerea existenței unui nucleu atomic mic, extrem de solid. În acest sens Newton a fost precursorul lui Rutherford.

Concepțiile corpusculare ale lui Newton sînt expuse mai amănunțit și mai clar în edițiile ulterioare ale *Opticii*, și anume, în prima ediție latină din 1706 și în a doua ediție latină din 1717. În „Chestiunea" a 28-a din *Optica*, Newton menționează pentru a doua oară în lucrările sale, după *Cursurile de optică*, pe atomiștii greci, ca pe aliați ai săi[1]. „În schimb, pentru a elimina un asemenea mediu (eterul), ne bizuim pe autoritatea acelor filozofi antici, cei mai celebri, din Grecia și Fenicia, care au admis vidul, atomii și gravitația atomilor, ca principii primordiale ale filozofiei lor".

Celebra și lunga „Chestiune" a 31-a este integral consacrată concepției corpusculare. Newton este un adept ferm al concepției atomiste, trecînd de la limbajul sceptic al unui adversar al ipotezelor la limbajul unui credincios convins[2]: „Mi se pare probabil, că Dumnezeu a conferit materiei inițial forma unor par-

[1] Sir Isaac Newton, *Optica*, p. 287.
[2] *Ibidem*, p. 311.

ticule solide, masive, impermeabile, mobile, de asemenea dimensiuni și figuri, și cu astfel de însușiri și proporții în raport cu spațiul, care să convină cel mai mult scopului pentru care le-a creat. Aceste părticele de prima speță vor fi solide, incomparabil mai solide decît oricare corp poros compus din ele, într-atît mai solide, încît niciodată nu se uzează și nu se sfărîmă. Nici o forță obișnuită nu este în stare să separe ceea ce Dumnezeu însuși a făurit la prima creație. Întrucît părticelele continuă să rămînă întregi, ele pot alcătui corpuri de aceeași natură și structură pe veci".

Apoi, Newton repetă în esență argumentul principal și cel mai important al lui Epicur-Lucrețiu în favoarea existenței atomilor indestructibili de dimensiuni finite, despre care s-a vorbit mai sus. El scrie: „Dacă ele (părticelele) s-ar uza sau sfărîma în bucăți, atunci natura lucrurilor depinzînd de ele s-ar fi modificat. Apa și pămîntul compuse din particule vechi, uzate și din fragmentele lor, n-ar fi avut aceeași natură și structură astăzi, ca apa și pămîntul alcătuite inițial din particule întregi. De aceea natura lor trebuie să fie constantă, modificările obiectelor materiale trebuie să se manifeste numai în diferite separări și în combinații și mișcări noi ale unor asemenea particule constante".

Principalul în „Chestiunea" a 31-a sînt forțele de interacțiune între particule. Newton analizează diferite feluri de forțe, menționînd, de pildă, un fel deosebit de atracție,[1] „...care se extinde asupra unor distanțe atît de mici, ce pînă acum scăpau de sub observație și, poate, atracția electrică se extinde asupra unor spații atît de mici și fără a fi provocată prin frecare".

În aceste cuvinte se manifestă din nou excepționala intuiție a lui Newton în a descoperi trăsăturile principale ale fenomenelor naturale, lăsînd la o parte amănuntele.

[1] Sir Isaac Newton, *op. cit.*, p. 292.

În „Chestiunea" a 31-a se repetă iarăși, mai concret ca înainte, ideea structurii ierarhice a substanței[1]: „Părticelele cele mai mici ale materiei pot adera între ele în virtutea unor atracții puternice, alcătuind particule mai mari, dar mai slabe; multe dintre acestea pot adera de asemenea între ele, alcătuind particule și mai mari, de o forță și mai slabă, și așa mai departe în seria succesiunilor, pînă cînd progresia se termină prin cele mai mari părticele, de care depind acțiunile chimice și culorile corpurilor naturale; la aderarea unor asemenea particule se constituie corpuri de mărime apreciabilă".

Aceste cuvinte pot fi puse integral, fără vreo modificare, ca epigraf la orice carte modernă despre structura substanței.

A 31-a „Chestiune" a fost ultimul cuvînt al lui Newton despre structura substanței. În decurs de aproape jumătate de veac, Newton, precum am văzut, și-a expus de mai multe ori părerea despre structura discretă a materiei, dar extrem de fragmentar, concis și fără plăcere.

Totuși, din aceste frînturi și fragmente de idei, a căror amploare și măreție reală este ascunsă de rigurozitatea severă a fizicii oficiale a lui Newton, noi descifrăm geniala concepție care depășește de departe nu numai pe contemporanii lui Newton, ci și multe generații ale urmașilor săi.

Concluziile principale ale lui Newton (care se bazează întotdeauna pe experiment) pot fi exprimate prin următoarele „propoziții":

1. Materia este discontinuă și are o structură extrem de poroasă.

2. La baza acestei structuri se află particule elementare dense, poate absolut dense, și invariabile.

3. Aceste particule se leagă între ele prin forțe speciale, alcătuind, în primul rînd, sisteme compacte extrem de stabile, de dimensiuni foarte mici. Aceste sisteme, la rîndul lor, se combină în formații noi, mai puțin stabile și mai voluminoase etc., pînă la

[1] Sir Isaac Newton, *op. cit.*, p. 306.

corpurile mari cunoscute nouă. Forțele dintre particule pot fi uneori de natură electrică.

4. Acțiunile chimice și optice ale corpurilor sînt determinate de acțiunile reciproce ale sistemelor complexe, relativ slab legate în interiorul lor. Nereușita transformării reciproce a elementelor chimice arată că particulele elementare fundamentale ale substanței sînt legate între ele extrem de puternic și pentru distrugerea lor (în care caz s-ar putea produce transformări ale elementelor) se cer agenți speciali.

5. Particulele care se modifică chimic și care determină însușirile chimice au, după Newton, dimensiuni de ordinul 10^{-5} cm.

6. Căldura corespunde mișcării particulelor cu grade diferite de compoziție.

Examinînd aceste „propoziții", ne convingem că Newton a anticipat tot ce a fost posibil la timpul său în domeniul atomismului, pe baza materialului experimental ce-i era accesibil. *El n-a greșit în nici o problemă fundamentală.* Cu privirea sa de vultur el a întrevăzut, după datele chimice și optice, contururile acelei teorii a structurii materiei, pe baza căreia se dezvoltă fizica modernă.

Autorul *Principiilor*, care a lansat, după cum se spunea, încă din tinerețe lozinca *hypotheses non fingo*, a fost, cu toate acestea, după cum ne-am putut convinge, un mare maestru al ipotezei fizice. Abia în vremurile noastre, cînd atomul a devenit fapt indiscutabil, cînd omenirea începe să stăpînească atomul și conținutul său, putem aprecia în întreaga măsură darul de intuiție ipotetică a lui Newton. Multe în acest domeniu al activității sale rămăseseră neînțelese și inaccesibile contemporanilor și urmașilor săi și n-au exercitat influența cuvenită asupra dezvoltării științei. Este însă neîndoios, că concepția atomistă a lui Newton îl înalță și mai mult în ochii noștri, îl face mai măreț, mai fermecător, inegalabil. Se poate spune fără nici o exagerare, că Newton a străbătut „fizica clasică" cu privirea sa pînă la capătul ei, și numai trăsăturile neclasice, relativiste și cuantice ale naturii au rămas în afara intuiției sale.

OBSERVAȚIE CU PRIVIRE LA MEMORIUL LUI I. NEWTON

DESPRE NATURA ACIZILOR

S-a arătat în text, că unele pasaje din memoriul *Despre natura acizilor* au o mare însemnătate pentru înțelegerea concepției corpusculare a lui Newton și a părerilor sale despre încercările alchimiste de transmutație.

Tocmai de acest memoriu sînt legate unele împrejurări rămase nelămurite pînă astăzi.

Fără îndoială, acest memoriu nu era destinat publicității; el reprezintă, probabil, însemnări din jurnalul științific al lui Newton. John Harris, care a publicat pentru întîia oară memoriul în 1710, în anexa la introducerea de la începutul volumului al doilea din *Dicționarul tehnic* în limba latină și în traducere engleză proprie, comunică următoarele:

„Cu acordul lui (Newton), am adăugat la sfîrșitul acestei introduceri articolul său scris în latinește *Despre acizi*, împreună cu traducerea mea. Acest articol, pînă acum nepublicat, a fost încredințat de el unui prieten în jurul anului 1692. Dacă articolul ar fi nimerit în mîinile mele mai înainte, l-aș fi introdus în dicționar la rubrica *Acizi*."

Textul latin și traducerea engleză a lui Harris sînt însoțite de următoarea observație a acestuia:

„Deosebirea mică între traducere și textul latin provine din faptul că traducerea a fost făcută de pe o altă copie, puțin diferită de acest articol latinesc.

Și întrucît această copie a fost verificată și aprobată de celebrul autor, eu n-am modificat traducerea".

Comparînd textul latin cu cel englez, se constată însă o deosebire esențială, și anume chiar în locul cel mai important (din punctul nostru de vedere). Citez pentru comparație: 1) textul latin, 2) „traducerea" în engleză a lui Harris, 3) traducerea mea a originalului latinesc, 4) traducerea mea a textului englez al lui Harris.

TEXTUL ORIGINAL

Aurum particulas habet se mutuo trahentes; minimarum summae vocentur primae compositionis, harum summarum summae secundae compositionis etc. Potest Mercurius, potest Aqua Regia poros pervadere, qui particulas ultimae compositionis interjacent at non alios.

Si posset menstruum alios illos pervadere vel si auri partes primae et secundae compositionis possent separari fieret aurum, vel fluidum vel saltem magis molleabile. Si aurum fermentescere posset in aliud quodvis corpus posset transformari.

TRADUCEREA TEXTULUI LATIN

Aurul are particule, care se atrag una pe cealaltă, și ale căror cele mai mici sume se pot denumi particule de prima compoziție, sumele acestor sume se pot denumi de-a doua compoziție etc. Mercurul și apa regală pot pătrunde numai în porii care se află printre particulele de ultima compoziție, dar nu în alții.

Dacă un oarecare solvent ar putea pătrunde în ei sau dacă particulele de aur de compoziția întîi sau a doua ar putea fi separate, aurul ar deveni sau fluid sau cel puțin moale. Dacă aurul ar putea să fermenteze, el ar putea fi transformat în orice alt corp.

All bodies have particles which do mutually attract one another; the sums of the least of which may be called particles of the first composition and the collections and aggregates arising from the primary sums, or the sums of these sums, may be called particles of the second composition etc. Mercury and Aqua Regis can pervade those pores of Gold or Tin, which lye between the particles of its last composition, but they can't get any further into it, for if any menstrum could do that, or if the particles of the first or perhaps of the second composition of Gold could be separated, that metal might be made to become a fluid; or at least more soft. And if Gold could be brought once to ferment and putrify, it might be turned into any other body whatsoever. And so of Tin, or any other bodies; as common nourishment is turned of animals and vegetables.

În toate corpurile există particule care se atrag unele pe altele; suma cea mai mică a acestora poate fi denumită particule de prima compoziție, combinarea într-un agregat, care se naște din primele sume sau din sumele acestor sume, poate fi denumită particule de-a doua compoziție etc. Mercurul și apa regală pot pătrunde în porii de aur și cositor, așezați între particulele lor de ultima compoziție, dar nu pot pătrunde mai departe în interior. Căci, dacă vreun solvent ar fi fost în stare de așa ceva, adică dacă particulele de aur de prima compoziție și poate de-a doua s-ar putea separa, atunci metalul s-ar fi transformat în lichid sau ar fi devenit cel puțin moale. Și dacă aurul ar putea fi pus să fermenteze, el ar fi putut să se transforme într-un oarecare alt corp.

Tot astfel se întîmplă și cu cositorul și cu alte corpuri, așa după cum hrana obișnuită se transformă în corpuri de animale și plante.

Din compararea textelor se vede că la Harris acest pasaj din memoriu devine confuz în urma adăugirii în traducerea engleză a ultimei fraze. Asemuirea transformării aurului și cositorului cu transformarea hranei în țesuturi animale și vegetale permite să se presupună că, poate, în textul precedent era vorba nu de o transmutare a aurului, ci de unele reacții chimice cu aurul.

Dacă, dimpotrivă, vom presupune că tocmai transmutarea aurului este comparată cu transformarea hranei în țesuturi vii, ar rezulta de aici, că Newton considera transmutarea drept o sarcină posibilă și ușor realizabilă. În textul latin ultima frază lipsește, de aceea sensul textului precedent este univoc și corespunde în genere poziției prudente a lui Newton în probleme de alchimie.

Harris nu indică originea celui de-al doilea text latinesc, de care s-a folosit pentru traducerea sa. Este firesc să presupunem în orice caz, că aprobarea lui Newton, despre care vorbește Harris, a fost dată fără ca traducerea să fi fost citită cu atenție. Modificările din al doilea text, cel latinesc, din care a tradus Harris, au fost poate introduse de copist, care și-a permis să-l „explice" pe Newton, să facă textul mai inteligibil.

În orice caz este regretabil că ideea ingenioasă și excepțional de perspicace a lui Newton cu privire la „prima compoziție", rezistentă și practic indestructibilă, în structura materiei a rămas neînțeleasă de contemporanii și urmașii săi.

CURSURILE DE OPTICĂ ALE LUI I. NEWTON*

1. O CARTE UITATĂ

În zilele noastre, *Cursurile de optică* ale lui Newton, ca și lucrările sale de istorie și teologie, sînt aproape necunoscute. Ele nu mai sînt citite cu atenție din secolul al XVIII-lea și ultimul lor cititor atent, care într-adevăr a studiat *Cursurile* și nu s-a mulțumit numai să le frunzărească, a fost, probabil, episcopul Samuel Horsley, redactorul celei mai complete ediții a operelor lui Newton, care a dotat textul latinesc al *Cursurilor* cu adnotări matematice.

J. B. Biot, unul din cei mai serioși cercetători ai vieții și operei lui Newton, el însuși optician eminent, a mai răsfoit fără îndoială *Cursurile*. În volumul al treilea din *Tratatul de fizică experimentală și matematică* (1816), care în multe privințe este un comentar detaliat al *Opticii* lui Newton, sînt menționate experiențele newtoniene de descompunere spectrală a luminii planetei Venus[1], descrise în *Cursuri*. Dar la aceasta pare să se limiteze influența lor asupra lucrării lui Biot.

În opera fundamentală a lui D. Brewster[2], *Cursurilor* li se acordă o singură pagină, în care se redau doar

* S. I. Vavilov a făcut prima traducere completă din latină într-o limbă vie a *Cursurilor de optică* a lui Newton. *N.R.*

[1] J. B. B i o t, *Traité de physique expérimentale et mathématique*, t. III, 1816, p. 425.

[2] D. B r e w s t e r, *Memoirs of the life, writings and discoveries of Sir I. Newton*, v. I, 1885, p. 249.

titlurile capitolelor principale. Simptomatic mai este și următorul fapt: analiza lui *Lectiones Optica* este dată de autorul *Vieții lui Newton* în *General Dictionary* (vol. VII, p. 779, notă); dar, dintr-o neînțelegere, analiza se limitează numai la prima parte, ca și cum n-ar fi existat și o a doua parte. Aceeași greșeală o întîlnim în *Biographia Britannica* (vol. V, p. 3215, notă, din care rezultă că autorul nu știa nimic despre partea a doua, întrucît el intitulează ultimul capitol al primei părți — *Ultima parte a cursurilor*). Este ușor de înțeles cauza acestor neînțelegeri. În limba engleză a fost tradusă numai prima parte a *Cursurilor*, iar pe pagina de titlu a singurei ediții engleze din 1728 acest lucru nu este menționat.

Din examinarea celor mai temeinice lucrări despre Newton și de istoria opticii, editate în ultimii 50 de ani, rezultă că istoricii contemporani ai științei sînt și ei foarte slab informați sau nu cunosc pur și simplu *Cursurile*. F. Rosenberger, în cunoscuta sa carte[1], din care o treime este consacrată analizei lucrărilor de optică ale lui Newton, se mulțumește doar să menționeze existența *Cursurilor*. E. Mach, într-un amplu studiu istoric al principiilor opticii fizice[2], citează pe scurt două-trei pasaje din *Cursuri*, dar le caracterizează vădit greșit, ca un „curs școlar cu probleme de dioptrică elementară". Această caracterizare arată că Mach a cunoscut *Cursurile* foarte superficial. E. Hoppe, în noua sa *Istorie a opticii*[3], nu menționează de loc *Cursurile*. Cel mai uimitor și mai semnificativ este, poate, faptul că *Cursurile* nu sînt de loc folosite de către cel mai modern biograf al lui Newton — More[4], în marea sa lucrare bazată nu numai pe izvoare tipărite, ci și pe reconsiderarea materialelor de arhivă. *Cursurile* conțin însă un material extrem de prețios pentru studiul vieții și dezvoltării concepțiilor lui Newton.

[1] F. Rosenberger, *J. Newton und seine physikalischen Prinzipen* 1895 (p. 536).

[2] E. Mach, *Die Prinzipien der physikalischen Optik* (444 p.) comp. 1921, pp. 123, 137, 177.

[3] E. Hoppe, *Geschichte der Optik*, 1926 (236 p.).

[4] L. T. More, *Isaac Newton, A Biography* 1934 (676 p.),

În 1934, în seria engleză *Clasicii metodei științifice*, a apărut cartea lui Roberts și Thomas *Newton și originea culorilor*, consacrată special istoriei lucrărilor de optică ale lui Newton. În ea se vorbește mult despre Barrow, despre Hooke, se citează o vastă literatură cu privire la metoda științifică în optică, dar printr-o întîmplare fatală *Cursurile* lui Newton nu sînt menționate nici măcar în indicele bibliografic.

Trei sînt cauzele principale ale acestei necunoașteri sau uitări a *Cursurilor*. În primul rînd, ele au fost tipărite pentru întîia oară abia după moartea lui Newton, după ce au apărut cinci ediții ale *Opticii* (patru engleze și una latină), al cărei text a început să fie considerat ca un canon, cu totul suficient pentru studierea concepțiilor sale optice. Apoi, în prefața la *Optică* a arătat el însuși imperfecțiunile celor ce a scris pînă atunci în probleme de optică. În sfîrșit, *Cursurile* în forma lor completă au fost publicate numai în limba latină și n-au fost niciodată traduse în vreo limbă modernă. După cum s-a arătat, în limba engleză a fost tradusă, în 1728, numai prima parte.

Aceste cauze sînt suficiente pentru a explica destinul trist al *Cursurilor*, întrucît pînă și *Principiile*, *Optica* și tratatele sale de matematică sînt relativ puțin cunoscute cititorului contemporan, deși cauzele arătate n-au intervenit în cazul acestor lucrări.

Cursurile sînt însă pentru noi un document de importanță primordială pentru studiul istoriei opticii și a biografiei lui Newton, care și astăzi merită să fie citit și studiat.

2. ORIGINEA CURSURILOR

După descoperirile astronomice ale lui Galileu, realizate în 1609—1610 cu ajutorul telescopului, interesul pentru optică în Europa secolului al XVII-lea a devenit general. Trecînd peste un mare capitol intermediar de istorie, vom releva doar că în anii cînd Newton și-a început lucrările de optică au apărut tratatul lui Grimaldi (1665), cartea lui R. Boyle despre culori

(1665), *Micrografia* lui R. Hooke (1667) și I. Barrow[1] și-a ținut cursul de optică. Este firesc să presupunem deci că el a fost îndrumat spre cercetări de optică geometrică de profesorul său Barrow. Se pare că nimeni nu l-a învățat arta de a experimenta, el a venit din provincia sa natală cu dragostea pentru experimentare și înzestrat cu o deosebită îndemînare. E adevărat că moda pentru confecționarea sticlelor optice a fost în acea vreme extrem de răspîndită; cu șlefuirea și lustruirea obiectivelor pentru telescoape se ocupau nu numai profesioniștii, ci și oameni care prin specialitatea lor erau foarte străini de optică și astronomie. De aceea, primele indicații în arta șlefuirii și lustruirii tînărul Newton le-a căpătat, probabil, în cercul cunoștințelor sale de la Cambridge.

Succesele studiilor matematice ale lui Newton în domeniul opticii sînt menționate clar în *Lecțiile* lui Barrow. Profesorul menționează atît în prefața cărții, cît și în textul ei, participarea foarte activă a discipolului său. Ulterior, în notele la textul *Cursurilor* sale, Newton se referă adeseori la Barrow și se poate presupune că unele din pasajele citate din cartea lui Barrow au fost întocmite în realitate de el.

Barrow a fost primul profesor lucasian, și a ocupat această catedră din 1663 pînă la 1669. Precum se știe, profesorul a transmis catedra discipolului său. Conform regulamentului, la catedră trebuiau predate lecții de matematică, și anume, de geometrie, aritmetică, astronomie, geografie etc. În conformitate cu regulamentul, Barrow a predat optica și geometria. Newton a trebuit, ulterior, să predea aritmetica și geografia, însă a început cu optica, cu toate că ea fusese pînă curînd predată la aceeași catedră de către Barrow. Faptul se explică prin descoperirile importante și surprinzătoare făcute de Newton. În locul unor expuneri tradiționale școlărești și șablonizate, lecțiile sale se transformaseră

[1] *Lectiones Opticae et Geometricae*, Auctore Isaaco Barrow, Londini, 1674. Există exemplare din *Lecțiile* lui Barrow cu data ediției 1669, care corespund integral ediției din 1674, cu excepția paginii de titlu.

într-un fel de *ediție princeps* a uimitoarelor sale descoperiri în domeniul științei despre lumină. Tînărul profesor vorbește despre aceasta chiar la începutul lecțiilor sale, într-o formă foarte rezervată, dar fermă.

Textul *Cursurilor* a fost predat de Newton arhivei Universității de la Cambridge; de pe manuscrisul de bază se făceau copii, difuzate apoi în Anglia și peste hotare. Printre altele, una din cauzele care l-au determinat pe Newton să editeze *Optica* în 1704, după cum se arată în prefața la ediția tipărită a *Cursurilor*, fusese împrejurarea că în *Dioptrica* lui Huyghens au fost valorificate și aplicate principiile sale de optică. Se poate deci presupune că una din copiile *Cursurilor* ajunsese în posesia lui Huyghens.

Astfel, prin intermediul *Cursurilor*, noile descoperiri și idei ale lui Newton au fost pentru prima oară difuzate oral și în scris în Anglia și în Europa. *Cursurile* au fost totodată și prima operă mare a lui Newton, pregătită pentru publicare. Autorul se arată în ele încă insuficient de experimentat, insuficient de circumspect, uneori pripit în opiniile sale, foarte spontan, vorbind deschis despre lucruri pe care ulterior le trecea sub tăcere.

La stăruințele lui Collins, Newton începuse încă din 1671 să-și pregătească pentru tipar cursul, cuprinzînd 20 de lecții despre lumină[1]. Dar deja în mai 1672 citim în scrisoarea către Collins următoarele rînduri[2]: „Amabilitatea dv. față de mine, exprimată în propunerea de a accelera editarea lecțiilor mele, despre care v-a vorbit doctorul Barrow, o consider imensă, dacă țin seama de multiplele dv. preocupări. Acum însă am hotărît altfel cu privire la lecții, considerînd, pe baza puținelor legături pe care le am cu tiparul, că nu voi dispune de libertatea mea tihnită de odinioară, pînă nu voi termina cu tipărirea lor, adică pînă nu voi pune în ordine ceea ce sînt îndatorat să fac". Newton mai datora în acea vreme o ediție a geografiei lui Varenius și o anexă la algebra lui Kinkheisen. La începutul anului 1672 a fost înaintat Societății regale me-

[1] L. T. More, *op. cit.*, p. 141.
[2] *Ibidem*, p. 149.

moriul său *Noua teorie a luminii și a culorilor*[1]; a început polemica cu Hooke și alții, și problema tipăririi *Cursurilor* a fost amînată. Prima jumătate a *Cursurilor* a fost publicată în 1728 în traducerea engleză. În 1729, după 60 de ani de la predarea lor efectivă, a fost, în sfîrșit, publicat primul text latinesc al *Cursurilor*.

În ce măsură corespunde într-adevăr textul cărții cu cursurile predate realmente de Newton la Cambridge? Cartea a fost în orice caz scrisă astfel, încît se pare că autorul avea tot timpul în fața ochilor un auditoriu viu; aceasta reiese din formele stilistice, din modalitățile didactice (repetări, subdiviziuni în propoziții, teoreme, leme, corolare, probleme etc.) precum și din faptul că ele cuprind matematica elementară, în special sub forma geometriei euclidiene și a proporțiilor, la care recurge Newton. De altfel, față de matematică Newton-pedagogul păcătuiește la fel ca și mulți alți autori contemporani. El demonstrează temeinic și uneori în mod inutil de prolix (cel puțin din punctul de vedere modern) lucrurile cele mai simple, dar trece sumar, ca și cum ar fi lucruri îndeobște cunoscute, peste metodele de căutare a maximelor și minimelor și peste descompunerea în serii. Pentru studenții din anii 1660—1670 asemenea probleme erau desigur foarte grele.

Astfel, este neîndoielnic că manuscrisul *Cursurilor*, chiar dacă nu redă integral expunerea vie a lecțiilor de către autor în fața studenților, servește în orice caz ca un foarte amănunțit conspect al lor.

Este greu să ne închipuim atmosfera în care se țineau cursurile lui Newton. În învățămîntul superior, lecțiile cu demonstrații sînt, de fapt, o inovație a secolului al XIX-lea, deși uneori experiențele erau demonstrate la lecții și în secolele XVII—XVIII. Se știe, de pildă, că lecțiile de fizică la Universitatea de pe lîngă Academia din Petersburg, în prima jumătate a secolului al XVIII-lea, erau însoțite de experiențe. Newton însă nu putea demonstra experiențele în sala de curs, pentru

[1] Vezi traducerea noastră din „Usp. Fiz. Nauk", 1927, pp. 7, 124.

că îi trebuia un fascicul de raze solare directe, o cameră întunecată și altele. Își expunea el oare experiențele oral sau le explica poate cu ajutorul acelorași desene pe care le-a anexat la textul manuscris? Sau, poate, își demonstra descoperirile la el acasă, în odaia din Trinity? Numărul auditorilor era, probabil, mic. În orice caz lecțiile lui Newton nu se bucurau de o faimă prea mare; după trei ani de la începerea predării cursului, Newton a fost în situația de a prezenta Societății regale descoperirile sale ca o noutate. Numai Barrow, într-o scrisoare către Collins, denumește *Cursurile* lui Newton cea mai remarcabilă operă a timpului nostru.

3. CONȚINUTUL ȘI STRUCTURA CURSURILOR

Cu toată coincidența titlurilor, cursurile lui Barrow și ale lui Newton se deosebesc net după conținut. E drept că, la început și în alte pasaje ale cărții sale, Barrow citează unele ipoteze despre natura luminii și a culorilor, dar o face pe un ton ironic și mai mult din respect pentru tradiție[1]. La sfîrșitul *Lecțiilor* sale de optică el scrie deschis: „Iată ce mi-a inspirat gîndul de a vorbi despre optică, îndeosebi despre cea matematică. Despre rest (ceea ce e necesar pentru fizică și pentru intuirea unor principii probabile) n-am aproape nimic destul de verosimil și opus sau deosebit de ceea ce este îndeobște cunoscut (față de ceea ce m-au învățat Kepler, Scheiner, Cartesius, iar după ei și alții).

Lecțiile lui Barrow conțin optica geometrică completă, adică catoptrica și dioptrica, împărțită în 18 lecții.

Newton tratează numai dioptrica, iar aproape două treimi din carte sînt consacrate laturii fizice, experiențelor cu descompunerea spectrală a luminii și analizei lor.

[1] În legătură cu nedumerirea destul de frecvent întîlnită cu privire la participarea activă a lui Newton la cartea lui Barrow, în care, printre altele, sînt studiate concepțiile cu totul învechite despre natura luminii, vezi S. I. V a v i l o v, *Isaac Newton*, ediția a II-a, Ed. Academiei de Științe a U.R.S.S., 1945, p. 13 (p. 53 ed. de față. *N.R.*).

Conținutul și structura cărții sînt următoarele: ea se compune din două părți aproape egale: I. despre refracția razelor de lumină; II. despre originea culorilor.

Prima parte cuprinde patru capitole.

În capitolul I, care cuprinde 24 de paragrafe, se demonstrează, în primul rînd, experimental, că refracția razelor solare, cu aceeași incidență, poate fi diferită. Ca bază pentru această demonstrație servește imaginea alungită a Soarelui la trecerea razelor prin prismă. Acest lucru era cunoscut și cercetătorilor anteriori, care atribuiau cauza fenomenului dimensiunilor unghiulare finite ale Soarelui. Pentru a infirma aceasta, Newton demonstrează amănunțit teorema, că în cazul razelor monocromatice, în ciuda dimensiunilor unghiulare finite ale Soarelui, în unele cazuri, la trecere prin prismă, imaginea trebuie să rămînă perfect rotundă. Apoi el trece la explicarea imaginii alungite prin suprapunerea imaginilor monocromatice rotunde și descrie modul de a obține un spectru mai curat prin îngustarea orificiului și folosirea lentilei. Concomitent, el explică formarea dungilor longitudinale întunecate în spectru prin existența norilor, care întunecă parțial Soarele. Pentru infirmarea definitivă a încercărilor de a explica alungirea imaginii cu ajutorul dimensiunilor unghiulare finite ale Soarelui, se descriu experiențe, aproape necunoscute cititorului contemporan, cu descompunerea spectrală a luminii planetei Venus; în sfîrșit, pe baza unor experiențe ingenioase cu două prisme, se demonstrează că imaginea nu poate fi rezultatul difuziei în sticlă, în urma unor neomogenități accidentale ale acesteia.

Capitolul al II-lea cuprinde 26 de paragrafe și este consacrat metodelor de măsurare a refracției luminii. Întîi se deduc propozițiile legate de legea refracției, pe baza deosebirilor de refracție dovedite la diferite raze monocromatice. Apoi se descrie un aparat simplu și elegant, cu o prismă lichidă variabilă, pentru verificarea legii refracției și măsurarea raportului dintre sinusuri. Urmează apoi descrierea modului de măsurare a refracției în prisme solide, după metoda unghiului de minimă deviație, arătîndu-se avantajele ei. După

aceasta, Newton deduce relațiile pentru mediile solide adiacente, ale căror refracții în raport cu aerul sînt cunoscute. În continuare, este descrisă o prismă de sticlă umplută cu lichid, servind pentru aplicarea metodei deviației minime la lichide. Se citează un exemplu de măsurare a refracției apei după această metodă. Apoi sînt expuse măsurătorile indicilor de refracție pentru diferite raze monocromatice și se stabilește legătura între dispersia diferitelor medii pe baza ipotezei arbitrare despre universalitatea dispersiei.

Numai capitolele 3 și 4 sînt în multe privințe asemănătoare cu *Lecțiile* lui Barrow. Capitolul 3 cuprinde 27 de propoziții cu lemele, cazurile și corolarele respective și tratează despre refracția pe planuri. O parte din propoziții sînt date fără demonstrații, cu referire la *Lecțiile* lui Barrow. Multe din propunerile geometrice, expuse foarte concis, sînt date, pare-se, numai pentru completare și nu au vreo legătură directă cu tema principală a *Cursurilor* lui Newton. În propoziția a XII-a Newton demonstrează amănunțit teorema elegantă, uitată în zilele noastre, că locul geometric al imaginilor virtuale monocromatice ale unui punct luminos, privit cu ochiul dintr-un alt mediu, va fi ca urmare a dispersiunii refracției, o cissoidă. În propoziția a XVII-a Newton citează o demonstrație geometrică ingenioasă a unei alte teoreme interesante, astăzi de asemenea uitată. Pornind de la universalitatea dispersiei admisă de el, legată de relația

$$n^2 - 1 = k\ (n_0^2 - 1)$$

(n — indicele de refracție al mediului dat, n_0 — indicele unui mediu de referință, indicele depinzînd de culoare, k — constantă care variază de la o substanță la alta, dar nu depinde de culoare), Newton demonstrează existența unui maximum de divergență a razelor monocromatice pentru un anumit indice de refracție. Ultimele propoziții din capitolul al treilea se referă la două refracții consecutive ale razelor în corpuri (de exemplu la intrare și la ieșire), mai ales în prisme.

Al 4-lea capitol este mai scurt decît toate celelalte: conține 10 propoziții și analizează refracția suprafețe-

lor curbe. Întîi se determină refracția unui fascicul paraxial de raze pe o suprafață sferică și se dă relația generală. Apoi, se examinează succint refracția pe o suprafață arbitrară. Mai departe, Newton trece la calculul aberației de sfericitate, întîi pentru un fascicul paralel, apoi pentru un fascicul divergent sau convergent, folosindu-se de descompunerea în serii și limitîndu-se în scopuri practice la termenul de ordinul al treilea. După aceasta urmează (ca să folosim limbajul optic modern) determinarea focarului fasciculelor meridionale infinit subțiri, sau a punctelor de caustică. Apoi, în concordanță cu rezultatul lui Descartes, este căutată suprafața care refractă razele fără aberații, și se află că ea este una din suprafețele lui Descartes. Ținînd seama de teoria curcubeului, Newton examinează mai departe refracția și reflexia razelor paralele într-o sferă plină. Din enumerarea materialului expus în capitolul al 4-lea rezultă clar, că scopul lui direct constă, în esență, în compararea aberației de sfericitate cu cea cromatică. De aceea ultima propoziție este consacrată calculului aberației cromatice și confruntării ei cu aberația de sfericitate.

Partea a doua a *Cursurilor*, intitulată *Despre originea culorilor*, se compune, la rîndul ei, din două capitole aproape egale.

În primul capitol se expune teoria culorilor și se descriu experiențele cu prisma. Capitolul începe cu foarte interesante observații generale, în care Newton își expune *la profession de foi* (profesia de credință) metodologică a unui epicurean antiperipatetician, și apoi enumeră pe scurt cinci propoziții despre culori, dezvoltate amănunțit ulterior. El formulează teza despre caracterul matematic al teoriei despre culori. După aceasta urmează cinci propoziții mari. În prima propoziție se demonstrează cu numeroase experiențe, că razelor cu refracții diferite le corespund culori diferite. Aceasta se realizează întîi prin experiența cu două prisme așezate transversal. Apoi urmează experiența cu trei prisme, realizată în diferite variante, printre altele, cu prisme și oglinzi.

În propoziția a II-a se demonstrează invariabilitatea culorilor monocromatice la refracțiile ulterioare. Aceasta se face întîi printr-o experiență simplă cu patru refracții succesive ale razelor monocromatice. Apoi, folosindu-se un orificiu mai îngust și o lentilă, se obține un spectru mai curat, și se demonstrează cu și mai multă temeinicie invariabilitatea razelor monocromatice. Orificiul rotund este înlocuit cu o fantă sub formă de pană, și se efectuează, cu un spectru foarte curat, experiențe de difuzie a razelor monocromatice pe prafuri colorate, aur etc. Propoziția a treia se referă la culorile albe, cenușii și negre, și ne demonstrează că ele reprezintă un amestec dezordonat de diferite raze monocromatice. Aceasta se demonstrează întîi prin amestecarea culorilor prismatice provenite de la cîteva prisme. Experiența se realizează în cîteva variante. Cu acest prilej este infirmată părerea după care dispariția culorilor este cauzată de înlăturarea umbrei marginale. Obținerea culorii albe sau cenușii din culorile monocromatice este demonstrată apoi prin amestecarea unor prafuri colorate și iluminarea unei hîrtii cu lumina difuză a întregului spectru solar. Apoi urmează experiența cu descompunerea prismatică în combinație cu o lentilă. În locul de întîlnire a razelor se formează o pată albicioasă, care dispare din nou la divergența razelor. În legătură cu aceasta este cercetată experimental aberația cromatică în lentilă. Amestecul culorilor este realizat apoi prin trecerea lor prin două prisme dreptunghiulare, care formează un paralelipiped și prin intermediul unei roți dințate, ale cărei dinți obturează succesiv diferitele culori ale spectrului. Pentru a demonstra că culoarea este o însușire înnăscută diferitelor raze înainte de refracție, Newton descrie o experiență cu separarea razelor în prismă, obținîndu-se raze refractate și raze care trec, în urma unei reflexii interioare totale.

Experiența care demonstrează dependența unghiului de reflexie interioară totală de culoare, se efectuează apoi cu două lame de sticlă, despărțite printr-un strat subțire de aer și cufundate în apă. Propo-

ziția a IV-a, foarte scurtă, spre deosebire de cele precedente, afirmă posibilitatea obținerii unor culori spectrale prin amestecarea culorilor de la cele două capete ale spectrului. Propoziția a V-a se referă la culorile corpurilor naturale; în ea se demonstrează că aceste culori sînt determinate de acele raze ale spectrului solar a căror reflexie este mai puternică. Prin analogie cu reflexia interioară totală, Newton stabilește o legătură între culoarea luminii reflectate și cea a luminii care trece, bazîndu-se în mod eronat pe experiențe cu extractul fluorescent al lemnului de nefrită, citînd însă și alte exemple, corecte. La sfîrșitul propoziției el descrie amănunțit o „mașină universală din prisme și lentile", pentru efectuarea experiențelor cu compunerea și descompunerea luminii.

Capitolul al II-lea, intitulat *Despre diferitele fenomene ale culorilor*, conține, ca să zicem așa *varia* despre culori. Aici, Newton nu mai folosește titluri școlărești (propoziții, leme, corolare etc.), întreg capitolul descompunîndu-se în 4 subdiviziuni cu titluri speciale.

În prima subdiviziune, Newton revine iarăși la spectrul proiectat pe sticlă. În primul rînd, el analizează cauza necesității unui orificiu îngust pentru obținerea spectrului, bazîndu-se din nou pe experiențe și infirmînd părerile atît ale peripateticienilor, cît și ale lui Descartes și Hooke. Apoi, el face o încercare de a determina cantitativ lățimea zonelor spectrale, prin analogie cu întinderea gamei muzicale, arătînd vag că, poate, aici se afla cauza armoniei culorilor, cunoscută pictorilor.

A doua subdiviziune se referă la observația directă, cu ochiul, a culorilor care ies din prismă. Este regretabil că Goethe, adversar înfocat al *Opticii* lui Newton, n-a citit probabil *Cursurile* și, mai ales, pasajul în chestiune. Acest pasaj ar fi risipit multe din nedumeririle sale, bazate în special pe observații vizuale cu prisme, greșit înțelese. Analizînd observațiile vizuale prin prismă la limita neagră, Newton expune apoi niște experiențe cu fire colorate și obiecte vopsite pe fond închis, privite prin prismă. În legătură cu aceasta este descrisă o experiență, în care o suprafață

colorată spectral ni se pare, văzută prin prismă, incoloră. Se arată că privind prin microscop, pentru a obține mai multă claritate, este util să ne folosim de lumina monocromatică (evitînd astfel aberația cromatică). Apoi sînt descrise experiențe cu prisme, care prezintă un fenomen special de colorație, legat de dependența spectrală a reflexiei interioare totale.

Subdiviziunea a treia se ocupă cu descompunerea spectrală a luminii de către corpuri transparente, limitate de planuri paralele. Acest caz este important pentru Newton, întrucît „filozofii considerau pînă acum, că în acest mod nu se pot obține culori". Ca întotdeauna, el își formulează concluziile pe baza unor experiențe minuțioase.

Ultima subdiviziune, a patra, analizează fenomenele coloristice, ce au loc la trecerea luminii prin medii limitate de sferă. Întîi se descrie aberația cromatică la trecerea luminii prin lentile. Apoi Newton trece la ochi și încearcă să interpreteze în mod eronat haloul, coroanele colorate și alte fenomene de difracție, de altfel descrise de Descartes, ca rezultat al refracției luminii în ochi. Ultimele pagini ale cărții sînt consacrate teoriei spectrale a curcubeului, care completează teoria lui Descartes. Cu aceasta *Cursurile* se încheie. Newton menționează pe scurt existența culorilor lamelor subțiri, însă sub motivul că expunerea prezintă „greutăți de ordin matematic", nu le analizează.

Cursurile par la prima vedere neterminate. În orice caz, este neîndoielnic că Newton nu și-a îndeplinit făgăduiala, dată la început, de a arăta cum pot fi ocolite dificultățile create de aberația cromatică; el n-a atins nici „teoria și practica telescoapelor și microscoapelor și demonstrația că ieșirea din dificultăți trebuie căutată în îmbinarea dioptricii și catoptricii". Expunerea acestor probleme ar fi fost o încheiere firească, logică, a *Cursurilor*. Lipsa lor desființează axul întregii lucrări, construită, spre deosebire de *Optica*, ca bază teoretică pentru sistemele catadioptrice. Faptul că textul *Cursurilor* n-a fost pus la punct, deși ele au fost ținute (și desigur, repetate) în decurs de trei ani, rămîne un mister.

4. METODA ȘI CONCEPȚIILE ȘTIINȚIFICE ALE TÎNĂRULUI NEWTON

Dacă ar fi fost publicate la timp, în jurul anului 1670, și n-ar fi rămas un material slab însușit de către studenții de la Cambridge și un manuscris aproape necunoscut în arhiva universității, rolul *Cursurilor* în dezvoltarea științei despre lumină ar fi fost extraordinar.

În acest tratat, pentru prima oară în istoria științei, optica în ansamblul ei, și nu numai optica geometrică a lui Euclid-Ptolomeu, a devenit incontestabil o disciplină fizico-matematică. Newton era îndreptățit să declare cu mîndrie în *Cursuri*: „Ca și astronomia, geografia și navigația, optica și mecanica sînt considerate de asemenea științe matematice, pentru că ele se ocupă de lucruri fizice, de cer, pămînt, corăbii, lumină și mișcarea locală, tot astfel și culorile aparțin fizicii, și știința despre ele trebuie considerată matematică, întrucît este expusă în raționamente matematice." Transformarea teoriei despre culori într-o știință „matematică" a fost opera lui Newton și lumea a aflat pentru prima oară despre aceasta din *Cursuri*. Teoria razelor monocromatice simple, a invariabilității lor și a legăturii univoce cu mărimea refracției — acestea sînt marile descoperiri, pe care Newton le-a comunicat pentru prima oară, cu mult calm, auditorilor în *Cursurile* sale. Mult mai înguste și mai speciale sînt noile teoreme importante ale opticii geometrice, expuse în *Cursuri*. Însă calculele lui Newton cu privire la aberații trebuie să ocupe în istoria opticii geometrice un loc de onoare ca și tratatele lui Kepler și Descartes.

Tînărul profesor lucasian a preferat, precum a făcut-o întotdeauna mai tîrziu, să amîne publicarea detaliată a descoperirilor sale. Dacă ulterior ca pretext oficial al acestor „amînări" era invocată aversiunea pentru polemici, în cazul *Cursurilor* acest pretext nu putea exista, întrucît, dacă ar fi fost tipărite, ar fi constituit *opus nr. 1* al tînărului Newton, iar experiența polemică îi lipsea încă pe atunci.

În loc să devină de îndată cunoscute sub forma unui tratat amplu, pregătit pentru publicare, le-a fost hărăzit descoperirilor optice ale lui Newton să devină cunoscute încet prin comunicările la Societatea regală, prin răspunsurile la articole critice și prin informații semifanteziste. S-a păstrat, de pildă, însemnarea lui De la Prime, student la Cambridge, datată din 1692, în care se spun următoarele: „Printre toate lucrările scrise de el a fost una, despre culori și lumină, bazată pe mii de experiențe, pe care le-a efectuat timp de 20 de ani, cheltuind cu ele multe sute de lire sterline"[1]. *Optica*, editată în 1704, pe care o despart de *Cursuri* 35 de ani, n-a făcut decît să tragă bilanțul și să corecteze informațiile și legendele despre descoperirile optice ale lui Newton. Impresia pe care a produs-o *Optica* în cercurile științifice a fost infinit mai mică decît acea stîrnită de *Principii*, mai ales din cauza procesului pregătitor prea lent, care a durat decenii.

Optica nu se suprapune cu *Cursurile*. Comparînd conținutul acestora cu *Optica*, atît în esența lor cît și în detalii, ne putem convinge ușor că mai mult de jumătate din materialul *Cursurilor* n-a intrat de loc în *Optică*. Aceasta se referă, de exemplu, la asemenea experiențe principiale ca descompunerea spectrală a luminii planetei Venus, deosebirile între spectrele aștrilor și ale planetelor etc.

De ce n-a introdus Newton multe elemente din *Cursuri* în *Optica*? În 1704, în epoca editării *Opticii*, Newton era foarte prudent față de rezultatele experimentale, insuficient verificate de el. Pe de altă parte, unele concluzii date în *Cursuri* (mai ales la sfîrșitul cărții a II-a) au fost greșite, după cum s-a putut convinge autorul. În sfîrșit, *Optica* fusese definitiv redactată la Londra, și nu există certitudine că în acea vreme Newton avea la dispoziție vreo copie de pe manuscrisul *Cursurilor*, al căror exemplar oficial se păstra în arhiva universitară la Cambridge. În orice

[1] Vezi de exemplu S. I. V a v i l o v, *Isaac Newton*, ediția I, Ed. Academiei de Științe a U.R.S.S., 1945, p. 155 (p 185, ed. de față).

caz în *Optica* nu există aproape de loc pasaje transcrise întocmai din Cursuri.

Fatalitatea care apăsa asupra *Cursurilor* era agravată și prin faptul că, după cum s-a spus mai sus, ele nu mai erau citite încă din secolul al XVIII-lea. De aceea, valoarea reală a acestei cărți în dezvoltarea opticii a fost foarte redusă și, pentru istoria opticii, *Cursurile* nu sînt un factor al dezvoltării ei, cît un document remarcabil, care caracterizează cu mare claritate metoda și concepțiile științifice ale tînărului Newton. Nici un fel de alte documente, cărți, amintiri, scrisori, nu oferă informații atît de precise și clare despre concepțiile lui la începutul înfloririi geniului său. Este surprinzător cum au putut fi ignorate *Cursurile* de către numeroșii biografi ai lui Newton. Într-adevăr, *habent sua fata libelli*[1].

În introducerea la partea a II-a a *Cursurilor* Newton definește pe scurt, dar foarte ferm, pozițiile sale filozofice: „Acei care ne-au învățat pînă acum despre culori, o făceau fie în vorbe, ca peripateticienii, fie căutau să cerceteze natura și cauzele lor, ca epicureenii și alți autori mai noi". Simpatiile atomiste „epicureene" ale lui Newton sînt evidente. El atacă violent doctrina lui Aristotel, pe motivul că e cu totul inaptă „să mulțumească rațiunea, însetată de știința naturii".

Cursurile se deosebesc profund de toate tratatele despre lumină care s-au scris pînă la Newton și în timpul vieții sale. Toate aceste lucrări începeau cu raționamente prolixe despre natura luminii. Așa scriau Kepler, Descartes, Grimaldi, Marci, Hooke și chiar profesorul lui Newton — Barrow, ce-i drept, într-o formă ironică și glumeață. Tînărul Newton a aruncat mănușa acestei tradiții.

Cursurile încep cu propoziții cu totul concrete, demonstrate experimental sau matematic. De cîteva ori în text, Newton ridică obiecții împotriva diferitelor concluzii ale teoriei despre lumină a lui Descartes și Hooke, dar nu-și expune nicăieri propriile sale

[1] Lat. — „cărțile își au soarta lor".

concepții asupra naturii luminii. Doar indirect putem bănui că el înclină spre concepția emisionistă, atomistă. Aceasta s-ar putea deduce din faptul că, spre deosebire de teoria lui Aristotel, Descartes și Hooke, teoria corpusculară a luminii nu e nicăieri pusă la îndoială, deși nu e nici măcar menționată. Numai după unele expresii și cuvinte care îi scapă în textul *Cursurilor*, se poate bănui că, vorbind despre razele de lumină, el avea înaintea ochilor imaginea unor particule în zbor. Newton scrie despre razele de lumină, că ele „se desprind" și „curg", „cad succesiv", că razele „sînt azvîrlite" etc. Un asemenea limbaj e de neconceput la Aristotel, Descartes sau Hooke, însă e foarte firesc la Epicur sau Lucrețiu. Dar despre adevăratele concepții ale lui Newton, în epoca întocmirii *Cursurilor* nu putem face decît presupuneri.

Cursurile reprezintă o succesiune sistematică de „propoziții" matematice și experimentale. Fără a proclama încă sub o formă programatică celebra sa deviză privind refuzul de a amesteca născociri cu certitudini și de a inventa ipoteze, Newton a scris de fapt, pentru prima oară în istoria științei, un mare tratat de fizică, după metoda sa, adică „fără ipoteze".

Ce-i drept, în textul *Cursurilor* se pot întîlni unele presupuneri arbitrare. Astfel este presupunerea despre caracterul constant al dispersiei și despre existența unor asperități pe suprafața globului ocular, care provoacă halouri. Asemenea „ipoteze" sînt însă foarte puține și ele au o însemnătate secundară. În același timp Newton rămîne circumspect și prudent. În legătură cu ipoteza sa despre constanța dispersiei, el scrie: „Justețea acestei teoreme n-am verificat-o încă experimental, dar, întrucît nu se prevăd mari divergențe în ceea ce privește justețea ei, eu nu mă tem s-o accept actualmente fără demonstrație. Poate că ulterior o voi confirma prin experiență sau, dacă o voi găsi greșită, o voi corecta".

Metoda de cercetare principală, dominantă în *Cursuri* este cea experimentală. Metoda este veche, ca și științele naturii însești, dar nu credem să existe în istoria științelor naturii pînă la *Cursuri* o mai mare perfec-

țiune a experienței. Newton se afirmă aici, înainte de toate, ca un observator extrem de subtil, căruia nu-i scapă nici asemenea „mărunțișuri" ca marginile irizate ale imaginilor în sistemele optice, tonul galben al luminii solare directe compensat de albastrul cerului, „îmbinarea foarte densă a unor specii de raze în lumina inițială" a flăcărilor (probabil, liniile spectrale) etc. Spre deosebire de toți predecesorii săi (și chiar de unii ca Leonardo, Galileu, Gilbert), Newton își însușește arta experienței raționale, care oferă răspunsuri la anumite întrebări și, invers, pune întrebări noi. În mîinile sale combinarea experiențelor devine un mijloc tot atît de puternic și suplu al gîndirii științifice, ca logica și matematica. Este foarte instructiv să citești cu atenție, să meditezi și să repeți șirul lung al experiențelor newtoniene, expuse amănunțit în paginile *Cursurilor*; atunci va deveni limpede că Newton a fost, de fapt, creatorul adevărat al metodei experimentale în fizică. La aceasta se adaugă minuțiozitatea, precizia excepțională și tendința de a aplica pretutindeni criteriul cantitativ. În *Cursuri*, Newton constată la el însuși, cu o vădită mîndrie „«obișnuita» mare hărnicie și curiozitate a experimentatorului".

Alături de talentul său de experimentator, ni se dezvăluie pentru prima oară în *Cursuri* geniul și metoda sa matematică. Uimitorul dar de geometru al lui Newton apare în teoremele optice speciale din *Cursuri*, cu tot atîta claritate ca și în propozițiile cele mai importante ale *Principiilor*. E suficient, de pildă, să urmărim ingenioasa rezolvare geometrică a problemei indicelui de refracție optim, a locului geometric al imaginii vizibile a unui punct luminos în mediu dispersant, a cercului de difuzie etc. În *Cursuri* Newton ridică ușor vălul deasupra noilor sale descoperiri matematice în domeniul descompunerii în serii și al teoriei fluxiunilor, fără a face un secret din existența lor.

În scrisoarea către Collins, menționată mai sus, Newton îi comunică intenția sa, în cazul editării *Cursurilor*, să le anexeze un memoriu matematic despre serii. Aplicarea în *Cursuri* numai a elementelor de matematică, adică a geometriei lui Euclid, a propor-

țiilor și a elementelor de algebră, fusese dictată, pare-se, de insuficienta pregătire a auditorilor și de considerente pur didactice. În orice caz, *Cursurile* permit separarea și scoaterea la iveală a acelor elemente noi și uriașe în matematică, pe care le stăpînea deja pe deplin tînărul Newton, de acelea pe care le considera posibil să le expună în fața studenților. După unele aluzii și observații laconice care se întîlnesc mereu în *Cursuri*, se vede că Newton putea și știa mult mai mult decît ceea ce le spunea studenților. Este greu, de altfel, să ne închipuim pe vreunul din contemporanii lui Newton, care ar fi putut înțelege în întregime tot ce știa tînărul geniu.

În ce măsură s-a sprijinit Newton în cercetările sale pe ceea ce s-a realizat în trecut? Se știe că în *Principii*, în *Optica* și în unele memorii el se referă foarte puțin și doar tangențial la predecesorii săi. În acest sens, în *Cursuri* el este mult mai volubil și mai spontan. În primul rînd, reiese limpede că autorul *Cursurilor* i-a studiat cu atenție pe Euclid, pe Descartes (*Geometria, Dioptrica, Meteorii)* și pe Barrow. Referirile la ei sînt numeroase și foarte precise. În ultimele pagini ale *Cursurilor*, Newton reproduce chiar un lung citat din *Meteorii* lui Descartes, ceea ce nu mai întîlnim la el mai tîrziu. El se referă de asemenea la *Micrografia* lui Hooke, la tratatul lui Boyle și la un memoriu matematic al lui Hudde. Cu toate aceste referiri și mențiuni, originalitatea lui Newton în prima sa lucrare științifică este cu totul uimitoare, și este greu să găsim în istoria fizicii un alt exemplu al unei asemenea desprinderi nete de predecesori. *Cursurile* marchează într-adevăr începutul unei științe noi, pînă atunci inexistente.

Cursurile sînt mult mai rezervate și, fără îndoială, poartă o mai mare amprentă a specialității, decît grandioasele *Principii* și enciclopedica *Optică*, cu profunzimea ei fizică și filozofică, dar în ele, din fericire pentru istoria științei și pentru personalitatea lui Newton, s-a păstrat primul model prețios al creației unui geniu în plină efloreșcență, cu toate particularitățile gîndirii și metodei sale.

TABLA DE MATERII

PREFAȚĂ 5

Capitolul I

Copilăria și adolescența lui Isaac Newton (1643-1661) 11

Capitolul II

Trinity-College (1661—1669) 21

Capitolul III

Optica fizică pînă la Newton 36

Capitolul IV

Telescopul-reflector al lui Newton și Societatea regală din Londra (1668—1672) 43

Capitolul V

Cursuri de optică și Noua teorie a luminii și a culorilor (1669—1672) 54

Capitolul VI

Polemica lui Newton cu Hooke și alții în jurul lucrărilor optice. Ipoteza lui Newton despre lumină (1672—1675) 75

Capitolul VII

Optica lui Newton 92

Capitolul VIII

Anii de tranziție. Fragmente de optică în operele și scrisorile lui Newton. Concepția eterului la Newton în perioada 1670—1680 (1672—1682).... 108

Capitolul IX

Principiile matematice ale filozofiei naturale. Predecesorii lui Newton. Noua dispută cu Hooke. Prima ediție a *Principiilor* (1680—1687) 122

Capitolul X

Fizica principiilor și fizica ipotezelor. *Principiile* lui Newton 139

Capitolul XI

Lucrările de chimie și alchimie ale lui Newton..... 168

Capitolul XII

Revoluția din 1686—1689. Newton-deputat în parlament. Boala psihică a lui Newton. Obținerea serviciului la Monetărie. Mutarea la Londra (1687—1695) 181

Capitolul XIII

Cercetările matematice ale lui Newton. Disputa cu Leibniz 191

Capitolul XIV

Newton la Londra. Monetăria. Newton parlamentar. Societatea regală. Newton și Flamsteed. A doua ediție a *Principiilor*. Newton și Cotes (1696—1713) 207

Capitolul XV

Lucrările teologice și istorice ale lui Newton și concepțiile sale religioase 225

Capitolul XVI

Ultimii ani ai vieții lui Newton. Moartea lui. Încheiere (1713—1727) 235

Principiile și ipotezele opticii lui Newton 246

Newton și contemporaneitatea 274

Eterul, lumina și substanța în fizica lui Newton 281

Atomismul lui I. Newton 318

Anexă. Observație cu privire la memoriul lui I. Newton 335

Cursurile de optică ale lui I. Newton 339

Redactor resp. de carte : P. Mihăileanu
Tehnoredactor : E. Iacob

Dat la cules 15.05.1962. Bun de tipar 06.08.1962. Tiraj 9000 + 1000 leg. + 90 ex. Hîrtie semivelină de 65 g/m². Format 54×84/16. Coli editoriale 19,03. Coli tipar 22,50. A. 01310. Indici de clasificare zecimală : pentru bibliotecile mari 53 (092), pentru bibliotecile mici 53.

Tiparul executat sub com. nr. 20552 la Combinatul Poligrafic Casa Scînteii, Piața Scînteii nr. 1, București — R.P.R.

Lei 14,10